

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 321

## ¿CUÁL ES EL COSTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MINERA SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ?

Pedro Herrera Catalán y Oscar Millones Destéfano

DEPARTAMENTO  
DE **ECONOMÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 321

**¿CUÁL ES EL COSTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MINERA SOBRE  
LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ?**

Pedro Herrera Catalán y Oscar Millones Destéfano

Julio, 2011

DEPARTAMENTO  
DE **ECONOMÍA**



DOCUMENTO DE TRABAJO 321

<http://www.pucp.edu.pe/departamento/economia/images/documentos/DDD321.pdf>

© Departamento de Economía – Pontificia Universidad Católica del Perú,  
© Pedro Herrera Catalán y Oscar Millones Destéfano

Av. Universitaria 1801, Lima 32 – Perú.  
Teléfono: (51-1) 626-2000 anexos 4950 - 4951  
Fax: (51-1) 626-2874  
[econo@pucp.edu.pe](mailto:econo@pucp.edu.pe)  
[www.pucp.edu.pe/departamento/economia/](http://www.pucp.edu.pe/departamento/economia/)

Encargado de la Serie: Luis García Núñez  
Departamento de Economía – Pontificia Universidad Católica del Perú,  
[lgarcia@pucp.edu.pe](mailto:lgarcia@pucp.edu.pe)

Pedro Herrera Catalán y Oscar Millones Destéfano

¿CUÁL ES EL COSTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MINERA SOBRE  
LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ?

Lima, Departamento de Economía, 2011  
(Documento de Trabajo 321)

PALABRAS CLAVE: Eficiencia Medioambiental, precios sombra, fronteras  
de posibilidades de producción, funciones distancia, externalidades  
ambientales, empresas extractivas mineras

Las opiniones y recomendaciones vertidas en estos documentos son responsabilidad de sus  
autores y no representan necesariamente los puntos de vista del Departamento Economía.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú Nº 2010-06580  
ISSN 2079-8466 (Impresa)  
ISSN 2079-8474 (En línea)

Impreso en Cartolan Editora y Comercializadora E.I.R.L.  
Pasaje Atlántida 113, Lima 1, Perú.  
Tiraje: 100 ejemplares

# ¿CUÁL ES EL COSTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MINERA SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ?\*

Pedro Herrera Catalán<sup>†</sup>  
Oscar Millones Destéfano<sup>‡</sup>

Pontificia Universidad Católica del Perú  
LIMA - PERÚ  
Julio, 2011

## RESUMEN

*En este estudio se aproximó el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para los años 2008 y 2009 a partir del marco conceptual de la Eficiencia Medioambiental (Pittman, 1981, 1983; Färe et al., 1989; 1993; 2003; Rao, 2000), el cual interpreta dichos costos como el trade-off de los empresarios mineros entre incrementar su producción que es vendible a precios de mercado (output deseable) y reducir la contaminación ambiental que se desprende de su proceso productivo (output no deseable). Dichos costos económicos fueron calculados a partir de fronteras de posibilidades de producción paramétricas y no paramétricas para 28 y 37 unidades mineras para los años 2008 y 2009 respectivamente, las cuales estuvieron bajo el ámbito de la Campaña Nacional de Monitoreo Ambiental de Efluentes y Recursos Hídricos que realizó el Organismo Supervisor de Inversión Energía y Minería (OSINERGMIN) en dichos años.*

*Los resultados indican que el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos ascendió, en promedio para los años 2008 y 2009, a US\$ 814.7 millones, y US\$ 448.8 millones, respectivamente; estuvo*

---

\* Este estudio es resultado final del proyecto “¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú?”, desarrollado en el marco del Concurso Anual de Investigación ACIDI-IDRC 2009, el cual fue organizado por el Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES). Agradecemos a Janina León, profesora del Departamento de Economía de la Pontificia Universidad del Perú (PUCP), por los valiosos comentarios realizados a las versiones preliminares del presente estudio. Asimismo, agradecemos a Sergio Perelman, profesor del Departamento de Economía de la Universidad de Liege, Bélgica; a Manuel Glave, Investigador del Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE), y a Lesly Salazar, analista del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), por los comentarios, precisiones y sugerencias realizadas en las distintas fases de la elaboración del estudio. Agradecemos además al Organismo Supervisor de Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) por la provisión de la información de los resultados de la Campaña Nacional de Monitoreo Ambiental de Efluentes y Recursos Hídricos 2008-2009, los cuales fueron empleados para hacer los cálculos del presente estudio. Además, agradecemos al Ministro del Ambiente, Antonio Brack, así como al OSINERGMIN por los comentarios, sugerencias y precisiones alcanzadas en sendas reuniones de trabajo realizadas en junio del 2010 y en enero del 2011. Finalmente, agradecemos al lector anónimo proporcionado por el CIES por los valiosos comentarios y precisiones alcanzadas.

<sup>†</sup> Profesor del Departamento de Economía de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), [pedro.herrera@pucp.edu.pe](mailto:pedro.herrera@pucp.edu.pe), y Consultor de la Dirección de Calidad del Gasto Público del Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, [pherrera@mef.gob.pe](mailto:pherrera@mef.gob.pe).

<sup>‡</sup> Profesor del Departamento de Economía de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), [omillones@pucp.edu.pe](mailto:omillones@pucp.edu.pe).

*altamente concentrado en pocas unidades productivas, así como en pocos parámetros de contaminación, y fue mayor en unidades mineras con producción media/baja de minerales. El Análisis de Varianza (ANOVA) y las regresiones Tobit no permitieron identificar a partir de variables institucionales, espaciales y operacionales, un patrón explicativo de dicho costo económico, por lo que podría señalarse que éste sería explicado por factores asociados a la gestión ambiental del proceso productivo minero. Considerando que en la actualidad el sistema de multas y sanciones en el sector minero está basado en criterios administrativos, por el cual no se sanciona el potencial daño ambiental que se genera, los resultados de este estudio resaltan la necesidad de rediseñar dicho sistema de multas sobre la base de criterios económicos, con la finalidad de establecer un mecanismo disuasivo de la contaminación, que genere los incentivos necesarios para que las empresas mineras internalicen las externalidades negativas que se desprende de su proceso productivo.*

**CLASIFICACIÓN JEL:** Q53, Q25, H23, C67, D24, D21, Q28

**PALABRAS CLAVE:** Eficiencia Medioambiental, precios sombra, fronteras de posibilidades de producción, funciones distancia, externalidades ambientales, empresas extractivas mineras

## ABSTRACT

*This study estimates the economic cost of mining pollution on water resources for the years 2008 and 2009 based on the conceptual framework of Environmental Efficiency (Pittman, 1981.1983, Färe et al., 1989, 1993, 2003; Rao, 2000). This framework understands such costs as the mining companies trade-off between increasing production that is saleable at market prices (desirable-output) and reducing environmental pollution that emerges from the production process (output-undesirable). These economic costs were calculated from parametric and nonparametric production possibility frontiers to 28 and 37 mining units in 2008 and 2009, respectively, which were under the purview of the National Campaign for Environmental Monitoring of Effluent and Water Resources conducted by Energy and Mining Investment Supervisory Agency (OSINERGMIN) in those years.*

*The results show that the economic cost of mining pollution on water resources raised to \$ 814.7 million and U.S. \$ 448.8 million for 2008 and 2009, respectively. This economic cost was highly concentrated in a few mining units, within a few pollution parameters, and was also higher in mining units with average/low mineral production. The Analysis of Variance (ANOVA) and the Tobit regressions were not able to identify a pattern that explains the economic costs by using institutional, spatial and operational variables, which may be noted that it could be explained by factors related to the environmental management of mining production process. Taking into consideration that at present the fine and penalty system in the mining sector is based on an administrative-criteria, which does not fine for the potential environmental damage generated, the results of this study highlight the need to redesign this system based on an economic-criteria in order to establish a preventive mechanism of the pollution process in order to generate the necessary incentives for mining companies to address negative externalities that emerge from their production process.*

**JEL CLASSIFICATION:** Q53, Q25, H23, C67, D24, D21, Q28

**KEYWORDS.:** *Environmental Efficiency, shadow prices, production possibility frontiers, distance functions, environmental externalities, mining extractive companies*

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el sector minero ha experimentado un crecimiento exorbitante. De un crecimiento de 2.4% en el año 2000, pasó a 7.6% en el año 2008, y aun cuando la tasa de crecimiento promedio para los años 2009-2010 fue de 1.3%, se espera para el quinquenio 2011-2015, una tasa de crecimiento promedio de 8.5%, basada en la ejecución de un conjunto de inversiones mineras ascendentes a US\$ 25,346 millones (MEF, 2011). No cabe duda que la actividad minera representa para el país un importante agente dinamizador de la economía, toda vez que contribuye de manera significativa al aumento de las exportaciones, así como al incremento de la inversión privada y a la recaudación nacional<sup>1</sup>.

Sin embargo, merece la pena preguntarse si existe eficiencia económica en el sector minero, es decir si los beneficios generados en este sector son mayores a los correspondientes costos. A partir del marco conceptual de la economía del bienestar, la eficiencia económica ocurre cuando los beneficios sociales netos de una actividad económica son maximizados o de manera equivalente cuando los beneficios marginales son iguales a los costos marginales. Por tanto, es interesante conocer si los beneficios sociales netos generados por la actividad minera han sido positivos, es decir si los beneficios totales exceden los correspondientes costos, tanto sociales como privados. La respuesta a dicha pregunta no es clara, y desde ya constituye en la actualidad un tema de agudo debate intelectual y político en el Perú.

Lo cierto es que desde que la actividad minera se ha intensificado en el país, los costos directos para reducir los efectos generados por la contaminación ambiental minera han aumentado. Ya hacia inicios del 2000 el valor de los pasivos ambientales mineros (definido como el monto requerido para mitigar los efectos de la contaminación ambiental minera) superaba los US\$ 1,000 millones (Glave y Kuramoto, 2002), y en la actualidad, aun cuando se desconoce el valor de dichos pasivos, estos debieran ser más elevados considerando que su número ha aumentado de 611 a 5,551 entre los años 2003-2010 (MINEM, 2011)<sup>2</sup>. La mayor parte de estos pasivos mineros ha sido generada por las empresas de la gran y mediana minería (el 95.5% de estos pasivos)<sup>3</sup>, las cuales producen aproximadamente el 99.0% del total de minerales del país.

Los recursos hídricos han sido tradicionalmente los recursos naturales más afectados por la contaminación de las actividades mineras en el país (Núñez-

---

<sup>1</sup> Las exportaciones mineras pasaron de US\$ 3,220 millones en el 2000 a US\$ 21,148 millones en el 2010, lo cual representa un incremento de 556.7%. Así mismo, en la actualidad, el sector minería e hidrocarburos representa aproximadamente el 60% de las exportaciones totales del país. De otro lado, el sector minería e hidrocarburos representa alrededor del 55% de la recaudación por impuesto a la renta de tercera categoría y el 25% del total de la inversión privada en el país.

<sup>2</sup> Se define como pasivo ambiental minero a los efectos nocivos generados por las actividades mineras en el medio ambiente. Entre estos se encuentran bocas de mina no cerradas, relaves o depósitos de agua contaminada, desmontes y acumulación de mineral, zanjas o tajos abiertos, campamentos y obras de infraestructura diversas, entre otros.

<sup>3</sup> US\$ 977.1 millones, según cifras para el 2000. Al respecto véase Glave y Kuramoto (2002).

Barriga y Castañeda-Hurtado, 1999). Esto debido a que el agua es un insumo indispensable en el proceso productivo minero, el cual es combinado con reactivos químicos (cianuro, arsénico, etc.) para separar el metal de la roca y así obtener el mineral con valor comercial<sup>4</sup>. Como resultado de este proceso, se generan desechos de roca triturada, agua y reactivos químicos residuales (denominados “relaves mineros”), los cuales debido a un inadecuado tratamiento, frecuentemente alcanzan a las fuentes hídricas aledañas a las operaciones mineras (ríos, lagos y/o lagunas) generándose así la contaminación ambiental en los recursos hídricos.

Según la literatura, la contaminación ambiental ocurre debido a la existencia de fallas de mercado (externalidades, información asimétrica, ausencia de derechos de propiedad, ausencia de un sistema de precios, etc.) lo cual conduce a que las empresas maximicen sus beneficios considerando únicamente sus costos privados de producción y omitiendo aquellos sociales y ambientales (Koundouri, 2000; Birol, *et. al.*; 2006). Acorde al marco conceptual de la Eficiencia Medioambiental (Pittman, 1981; 1983; Färe *et al.*, 1989; 1993; 2003) los costos de la contaminación ambiental pueden interpretarse como el trade-off de los empresarios mineros entre incrementar su producción que es vendible a precios de mercado (*output deseable*) y reducir la contaminación ambiental que se desprende de su proceso productivo (*output no deseable*). En otras palabras, los costos privados de no contaminar el ambiente, se interpretan como los costos de oportunidad de los empresarios, es decir como el ingreso al cual estos tendrían que renunciar para reducir una unidad adicional de degradación ambiental (Rao, 2000 y Färe *et al.*, 1989, 1993, 2003). En la literatura, a estos costos se los conoce con el nombre de los “*precios sombra*”, los cuales revelan información sobre la valoración que las empresas tienen respecto a la contaminación ambiental que generan, y dado que pueden expresarse en términos monetarios, representan una aproximación del costo económico de la contaminación ambiental generada por actividades productivas (Coggins y Swinton, 1996; Swinton, 1998).

El objetivo del presente estudio es doble. En primer lugar, se estimará el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos del Perú para los años 2008-2009. Para ello se empleará el marco conceptual de la Eficiencia Medioambiental (Pittman, 1981,1983; Färe *et al.*, 1989; 1993; 2003; Rao, 2000), la cual construye una frontera de posibilidades de producción, a partir de los mejores comportamientos ambientales mineros, para luego calcular los precios sombra de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos, como la pendiente de la proyección de una empresa minera sobre la frontera de posibilidades de producción. Luego, a partir de los precios sombra estimados se aproximará el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos mediante el empleo de metodologías paramétricas y no paramétricas.

---

<sup>4</sup> A esta fase productiva se la conoce como “concentración”, la cual es posterior a la fase de “explotación” en la cual la roca conjuntamente con los minerales son extraídos de la mina.



El proceso de producción minera fue caracterizado como un proceso de producción que produce un *output deseable*, producción minera, y para lo cual emplea las variables input, capital, trabajo e insumos productivos. Como resultado de este proceso de producción se generan *output no deseables*: potencial de hidrógeno, sólidos suspendidos, plomo, cobre, zinc, hierro, arsénico, cianuro, cadmio, mercurio, cromo, níquel y selenio, los cuales corresponden a los valores promedio anuales de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los elementos contenidos en los efluentes líquidos que se desprenden del proceso productivo minero regulados por el Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM.

El segundo objetivo del estudio será estudiar los determinantes institucionales, espaciales y operacionales del costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para el período bajo estudio. Para ello se emplearán dos metodologías, el Análisis de Varianza (ANOVA) por medio del cual se identificará la existencia de diferencias en los valores medios de las variables explicativas previamente ordenadas en función a grupos de las variables dependientes, y los modelos de regresión de tipo Tobit.

El presente estudio se divide en nueve capítulos adicionales a la introducción. En el segundo capítulo se presentan las principales características del sector minero peruano. En el tercer capítulo se describe el proceso de producción minera y su relación con los recursos hídricos. En el cuarto capítulo se establece el marco normativo ambiental minero sobre los recursos hídricos. En el quinto capítulo se revisa el marco teórico y metodológico vinculado a la Eficiencia Medioambiental (Pittman, 1981; Pittman, 1983; Färe *et al.*, 1989; 1993; 2003; Rao, 2000), el cual se empleará en el sexto capítulo para calcular el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para los años 2008-2009. En el séptimo capítulo se exploran las variables explicativas de dicho costo económico, a partir del Análisis de Varianza (ANOVA) y de modelos de regresión Tobit. En el octavo capítulo se simulan las multas que deberían haber sido impuestas en el sector minero durante los años 2008 y 2009, a aquellas unidades mineras que excedieron los LMP promedios anuales normativos y se propone un Sistema de Sanciones Ambientalmente Eficiente. Finalmente, en el noveno capítulo se exponen conclusiones y reflexiones finales.

Un aspecto que realza la relevancia del presente estudio radica en el hecho que para el desarrollo de los cálculos se emplearon los resultados de la Campaña Nacional de Monitoreo Ambiental de Efluentes y Recursos Hídricos que el Organismo Supervisor de Inversión Energía y Minería (OSINERGMIN) realizó en los años 2008 y 2009, cuyo objetivo fue verificar el cumplimiento de los niveles máximos permisibles en los efluentes, así como la calidad de las aguas de los cuerpos receptores vinculados a las actividades de las empresas mineras-metalúrgicas. Tres ventajas resaltan del empleo de los resultados de dicha campaña nacional. La primera de ellas consiste en que la fiscalización del OSINERGMIN se realizó bajo el esquema de “inopinado”, en el cual las muestras de agua se toman sin informar previamente a la empresa minera, asegurando así

que éstas no hayan podido comportarse de manera oportunista, al no poder alterar el contenido de contaminantes en los recursos hídricos. La segunda ventaja radica en el hecho que se cuentan con resultados del monitoreo por unidades mineras, lo que permitirá que éstas puedan ser tratadas de manera independiente, pudiendo así conocer si unidades mineras de una misma empresa se comportan de manera diferente en términos ambientales. La tercera ventaja radica en el hecho que el monitoreo se ha realizado en “zonas mineras priorizadas”, las cuales han tenido habitualmente problemas de contaminación ambiental, por lo que la información de dicha campaña nacional, resulta representativa para aproximar el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para los años 2008-2009.

## 2. EL SECTOR MINERO PERUANO

### 2.1. La producción de minerales

En los últimos años el Perú ha ocupado los primeros lugares a nivel mundial en producción de minerales. En el año 2009, obtuvo el primer lugar en la producción de plata, el segundo lugar en la producción de zinc y cobre, y el tercer lugar en la producción de estaño, bismuto, telurio y mercurio (véase la tabla 01). Además, a nivel de Latinoamérica mantuvo el primer o segundo lugar en la producción de una serie minerales, siendo la quinta ubicación, correspondiente a la producción de hierro, la menos favorable. El potencial minero peruano a nivel internacional ha sido reconocido por el Instituto Fraser (2010) el cual muestra que la posición del Perú para una muestra de 72 países con potencial minero, pasó del puesto 41 en el 2007 al puesto 12 en el 2010.

**Tabla 01. Perú: Posición mundial y en América Latina de producción minera, año 2009**

Mineral	Mundial	Latinoamerica
Plata	1	1
Zinc	2	1
Estaño	3	1
Bismuto	3	1
Telurio	3	1
Mercurio	3	1
Plomo	4	1
Oro	6	1
Cobre	2	2
Indio	8	1
Molibdeno	4	2
Selenio	7	2
Cadmio	14	2
Hierro	17	5

Fuente: MINEM (2010)

Elaboración: Propia

Los minerales metálicos superan las 40 variedades de las cuales 16 se explotan regularmente, siendo los minerales principales el cobre, oro, plata, zinc, hierro y plomo, los cuales en conjunto abarcan la mayor parte de la producción nacional<sup>5</sup>. Justamente es la producción de estos minerales la que se ha incrementando progresivamente desde la segunda mitad de la década de los noventa, como consecuencia de la promulgación de normas que favorecieron la inversión en este sector. Como se aprecia de las tablas 02 y 03, en el período 1999-2009, la producción de plata y oro ascendió a un total acumulado de 1,087,048 y a 59,360 miles de onzas finas, respectivamente, lo cual implicó una variación en los últimos 10 años de 72.7% y 42.0%, respectivamente. Por su parte, para el mismo período la producción de zinc y cobre, ascendió a 13,643 y a 10,327 miles de toneladas métricas de contenido fino, respectivamente, implicando una variación

<sup>5</sup> En el Perú también se explotan minerales no metálicos, tales como el mármol travertino, diatomita, bentonita, yeso, carbón, entre otros. Sin embargo, debido a su reducido precio internacional, su producción es menos importante.

de 67.8% y 137.7%, respectivamente. Cabe indicar que, en el país se explotan además otros minerales como antimonio, bismuto, cadmio, estaño, arsénico, mercurio, molibdeno, selenio, indio y tungsteno, siendo su producción es de menor importancia.

**Tabla 02. Producción minera según minerales 1999-2009**  
(En niveles)

PRODUCTOS / AÑOS	UNIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 1/	2009 1/	Total 1999-2009
COBRE	Miles de TMF	536	554	722	845	843	1,036	1,010	1,048	1,190	1,268	1,275	10,327
ORO	Miles de Onzas finas	4,131	4,263	4,454	5,065	5,550	5,569	6,687	6,521	5,473	5,783	5,864	59,360
ZINC	Miles de TMF	900	910	1,057	1,233	1,374	1,209	1,202	1,203	1,444	1,603	1,509	13,643
PLATA	Miles de Onzas finas	71,741	78,374	82,663	92,261	93,998	98,375	103,064	111,584	112,574	118,505	123,909	1,087,048
PLOMO	Miles de TMF	272	271	290	306	309	306	319	313	329	345	302	3,362
HIERRO	Miles de TLF	2,673	2,768	3,038	3,056	3,485	4,247	4,565	4,785	5,104	5,161	4,419	43,300
ESTAÑO	Miles de TMF	31	37	38	39	40	42	42	38	39	39	38	423
MOLIBDENO	Miles de TMF	5	7	9	9	10	14	17	17	17	17	12	135

1/ Datos Preliminares

Fuente: MINEM (2010)

Elaboración: Propia

**Tabla 03. Producción minera según minerales 1999-2009**  
(Variaciones)

METAL	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 1/	2009 1/	Variación 1999 - 2009
COBRE	11.0	3.3	30.4	16.9	-0.2	22.9	-2.5	3.8	13.5	6.5	0.5	137.7
ORO	36.4	3.2	4.5	13.7	9.6	0.3	20.1	-2.5	-16.1	5.7	1.4	42.0
ZINC	3.5	1.2	16.1	16.7	11.4	-12.0	-0.6	0.1	20.0	11.0	-5.8	67.8
PLATA	10.2	9.2	5.5	11.6	1.9	4.7	4.8	8.3	0.9	5.3	4.6	72.7
PLOMO	5.5	-0.4	7.0	5.6	1.1	-1.0	4.3	-1.9	5.1	4.8	-12.4	11.3
HIERRO	-17.3	3.6	9.7	0.6	14.0	21.9	7.5	4.8	6.7	1.1	-14.4	65.3
ESTAÑO	18.2	22.2	2.1	1.7	3.6	3.5	1.3	-8.7	1.4	0.0	-3.9	22.5
MOLIBDENO	25.9	31.5	32.1	-9.3	11.3	48.6	21.6	-0.7	-2.5	-0.4	-26.5	124.8

1/ Datos Preliminares

Fuente: MINEM (2010)

Elaboración: Propia

## **2.2. Las exportaciones mineras y las cotizaciones de minerales en el mercado internacional**

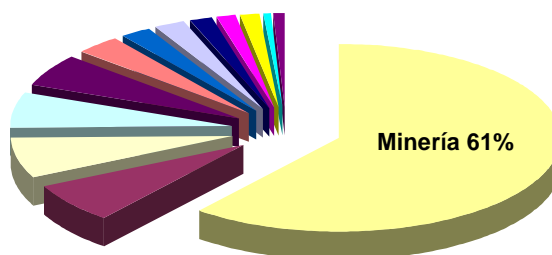
Las exportaciones mineras aumentaron de manera significativa desde fines de los noventa básicamente por el incremento de las cotizaciones en el mercado internacional. Entre los años 2001 y 2010, los precios de los minerales se ubicaron en niveles elevados en relación a la década 1991-2000, en la cual las cotizaciones promedio del cobre, plata, oro y zinc aumentaron 107.0%, 106.0%, 79.0% y 56.0%, respectivamente. Esto implicó que desde fines de la década de los noventa las exportaciones de minerales se hayan incrementado progresivamente, pasando de US\$ 3,008 a US\$ 16,361 millones, en el período 1999-2009, lo cual representó un incremento de 444.0%.

En el 2009, las exportaciones mineras alcanzaron los US\$ 16,361 millones, lo cual representó una reducción del 12.0% con respecto al año 2008 (US\$ 18,657 millones). Esto ocurrió debido a la crisis internacional por la cual las cotizaciones de los principales minerales se redujeron como consecuencia a una menor demanda por los mismos así como a una menor producción, sobretodo de hierro (-14.4%), plomo (-12.4%) y zinc (-5.8%), que fue atenuada por un leve crecimiento de la producción de oro (1.4%) y cobre (0.4%).

La participación de las exportaciones mineras en el total de exportaciones del país superó el 50.0% en el período 1999-2009. Este porcentaje se ha incrementado en los últimos años, llegando a representar en el año 2009 el 61.0% del total de exportaciones del país (véase la tabla 04). Los metales que más se exportaron fueron el oro, el cobre y el zinc, los cuales representaron, el 42.0%, 36.0% y 7.5%, del total minero exportado, respectivamente (véase el gráfico 01). Así, en la actualidad el oro es el principal mineral exportado, siendo el metal que más contribuye a la generación de divisas en el sector minero. Además, actualmente los tres principales minerales (oro, cobre y zinc), representan aproximadamente el 86.0% de la producción minera nacional y explican cerca del 90.0% de las contribuciones al país por Impuesto a la Renta y Regalías generados en el sector.

**Tabla 04. Participación del sector minero en el total de exportaciones del país, 2009**

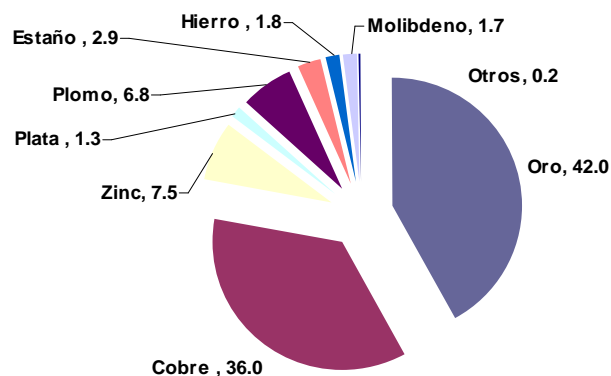
Sector	Millones US\$	%
Minero	16,361	60.9
Petróleo y derivados	1,894	7.0
Agropecuario	1,823	6.8
Pesquero	1,683	6.3
Textiles	1,492	5.6
Químicos	837	3.1
Agrícolas	633	2.4
Sidero-metalúrgicos y joyería	560	2.1
Pesqueros	517	1.9
Metal-mecánicos	357	1.3
Maderas y papeles, y sus manufacturas	335	1.2
Minerales no metálicos	148	0.6
Otros	247	0.9
<b>TOTAL EXPORTACIONES</b>	<b>26,885</b>	<b>100.0</b>



Fuente: MINEM (2010)

Elaboración: Propia

**Gráfico 01. Estructura de exportaciones mineras, 2009**



Fuente: MINEM (2010)

Elaboración: Propia

Según el MEF (2011) en los próximos años, a pesar de la volatilidad habitual de los precios de los commodities, y de las posibilidades de su descenso, se prevé que sus precios promedios continúen elevados, debido principalmente al dinamismo de economías emergentes como China e India. Hecho que mantendrá las exportaciones mineras en una tendencia creciente.

### **2.3. La escala y el tamaño de la producción minera**

La producción minera se realiza a partir de 4 escalas productivas. La primera de ellas corresponde a la *gran minería*, en la cual se encuentran empresas que producen por encima de los 5 mil toneladas métricas al día (TM/día). La segunda escala corresponde a la *mediana minería* en la cual están las empresas que producen en un rango de 350 - 5 mil TM/día<sup>6</sup>. La tercera y cuarta escala corresponden a la *pequeña minería* y a la *minería artesanal*, en la cual se ubican las empresas que producen en un rango de 350 - 25 TM/día y hasta 25 TM/día, respectivamente.

La gran minería moderna comprende todas las fases del proceso productivo minero, es decir, las operaciones de cateo, prospección, extracción, concentración, fundición, refinación y embarque. Se caracteriza por ser altamente mecanizada y por explotar yacimientos a cielo abierto. Por su parte, la mediana minería opera unidades mineras principalmente subterráneas y se caracteriza por estar mecanizada y por contar con una infraestructura adecuada. Este estrato productivo realiza principalmente las operaciones de extracción y concentración de mineral, a diferencia de la gran minería que realiza además, las operaciones de fundición y refinación. Adicionalmente a la mediana y gran minería se encuentran empresas mineras pequeñas y artesanales, las cuales se dedican principalmente a la actividad aurífera subterránea, aluvial y a la extracción y procesamiento de minerales no metálicos<sup>7</sup>.

Según el MINEM (2010) a fines del 2009, hubo un total de 9,008 titulares mineros, de los cuales 3,813 (43.0%) pertenecieron al régimen general de la gran y mediana minería; 3,365 (37.0%) pertenecieron a la pequeña minería y 1,830 (20.0%) a la minería artesanal. Tradicionalmente, la mayor parte de la producción minera se ha concentrado en la gran y mediana minería, las cuales abarcaron en promedio en el 2009, el 96.5% de la producción minera del país. Ambas escalas en dicho año concentraron el 99.9%, 99.5%, 98.4% y el 88.0% de la producción total de cobre y zinc, plata y oro, respectivamente.

Habitualmente, la producción de la gran y mediana minería ha estado altamente concentrada en pocas empresas. Así por ejemplo, en el año 2009, solo 10

---

<sup>6</sup> Este estrato productivo conjuntamente con la gran minería, conforman el régimen general.

<sup>7</sup> Cabe indicar que en el Perú la minería informal es una actividad común, la cual predomina en yacimientos auríferos de tipo veta y aluvial. En la actualidad, el MINEM viene apoyando a los Gobiernos regionales a formalizar esta actividad minera.



empresas explicaron el 90.2% de la producción nacional de cobre, 9 empresas el 75.9% de la producción de oro, 13 empresas el 72.0% de la producción total de plata y 9 empresas el 83.5% de la producción total de oro (véase la tabla 05).

**Tabla 05. Producción minera de las principales empresas que operan en el país, 2009**

Empresas mineras	Mineral	Unidad de medida	2009	Participación en la producción nacional
SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION	Cobre	Tonelada de contenido fino	354,039	27.8
	Plata	Miles de Onzas finas	4,371	3.5
CIA. MRA. ANTAMINA S.A.	Cobre	Tonelada de contenido fino	343,179	26.9
	Zinc	Tonelada de contenido fino	495,420	32.8
	Plata	Miles de Onzas finas	15,722	12.7
SOC. MRA. CERRO VERDE S.A.A.	Cobre	Tonelada de contenido fino	308,370	24.2
XSTRATA TINTAYA S.A.	Cobre	Tonelada de contenido fino	107,233	8.4
	Oro	Miles de Onzas Finas	38	0.6
COMPANÍA MINERA MILPO S.A.	Cobre	Tonelada de contenido fino	18,913	1.5
	Zinc	Tonelada de contenido fino	146,341	9.7
	Plata	Miles de Onzas finas	3,607	2.9
PAN AMERICAN SILVER S.A.C. MINA QUIRUVILCA	Cobre	Tonelada de contenido fino	4,950	0.4
	Plata	Miles de Onzas finas	4,898	4.0
VOLCAN CIA.MINERA S.A.A.	Cobre	Tonelada de contenido fino	4,792	0.4
	Zinc	Tonelada de contenido fino	264,005	17.5
	Plata	Miles de Onzas finas	15,887	12.8
EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.	Cobre	Tonelada de contenido fino	3,138	0.2
	Zinc	Tonelada de contenido fino	50,112	3.3
	Plata	Miles de Onzas finas	3,536	2.9
COMPANÍA MINERA ARGENTUM S.A.	Cobre	Tonelada de contenido fino	2,927	0.2
	Plata	Miles de Onzas finas	3,303	2.7
MINERA YANACOCCHA S.R.L.	Oro	Miles de Onzas Finas	2,058	35.1
	Plata	Miles de Onzas finas	2,928	2.4
MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A	Oro	Miles de Onzas Finas	1,278	21.8
CIA.DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	Oro	Miles de Onzas Finas	359	6.1
	Plata	Miles de Onzas finas	12,688	10.2
ARUNTANI S.A.C.	Oro	Miles de Onzas Finas	171	2.9
CONSORCIO MRO. HORIZONTE S.A	Oro	Miles de Onzas Finas	161	2.7
CIA. MRA.AURIF. SANTA ROSA S.A	Oro	Miles de Onzas Finas	158	2.7
MRA. AURIF. RETAMAS S.A.	Oro	Miles de Onzas Finas	153	2.6
EMP. ADMIN.CHUNGAR S.A.C.	Zinc	Tonelada de contenido fino	99,025	6.6
	Plata	Miles de Onzas finas	4,036	3.3
SOC.MRA. EL BROCAL S.A.	Zinc	Tonelada de contenido fino	70,364	4.7
	Plata	Miles de Onzas finas	3,822	3.1
CIA.MRA ATACOCCHA S.A	Zinc	Tonelada de contenido fino	62,901	4.2
	Cobre	Tonelada de contenido fino	2,866	0.2
	Plata	Miles de Onzas finas	1,431	1.2
CIA. MRA. CASAPALCA S.A.	Zinc	Tonelada de contenido fino	38,105	2.5
CIA.MRA SANTA LUISA S.A	Zinc	Tonelada de contenido fino	34,081	2.3
CIA. MRA. ARES S.A.C.	Plata	Miles de Onzas finas	12,969	10.5
	Oro	Miles de Onzas Finas	74	1.3
Total	Cobre	Tonelada de contenido fino	90.2 (10 empresas)	
	Zinc	Tonelada de contenido fino	83.5 (9 empresas)	
	Plata	Miles de Onzas finas	72 (13 empresas)	
	Oro	Miles de Onzas Finas	75.9 (9 empresas)	

Fuente: MINEM (2010)

Elaboración: Propia

En su mayoría, las empresas de la gran y mediana minería son polimetálicas, es decir, explotan más de un metal a la vez. Destacan las empresas Antamina que produjo en el año 2009, el 32.8% del zinc, el 26.9% del cobre y el 12.7% de la plata del país; así como la empresa Volcan que produjo el 17.5% del zinc y el 12.8% de la plata en el mismo año. Adicionalmente, destacan la empresa Southern Perú Copper Corporation que produjo en el 2009, el 27.8% del cobre y el 3.5% de

la plata a nivel nacional, así como la empresa Yanacocha, que produjo el 35.1 % del oro y el 2.4% de la plata del país en el mismo año.

## 2.4. Las inversiones y el empleo en el sector minero

En los últimos años debido a elevada disponibilidad de minerales y de una legislación promotora de la inversión en minería, se han desarrollado importantes inversiones en yacimientos mineros en todo el país, las cuales han sido realizadas principalmente por las empresas de la gran y mediana minería. Similar a la producción, la inversión en el sector minero está altamente concentrada en pocas empresas. Así en el año 2009, solo 5 empresas explicaron más del 50.0% del total invertido en el sector. Destacan las empresas Southern Perú Copper Corporation y Xstrata Tintaya S.A. las cuales explicaron el 15.7% y 12.0% del monto total invertido en minería, respectivamente (véase la tabla 06).

**Tabla 06. Inversión de las principales empresas mineras que operan en el país, 2009**  
(Millones de US\$)

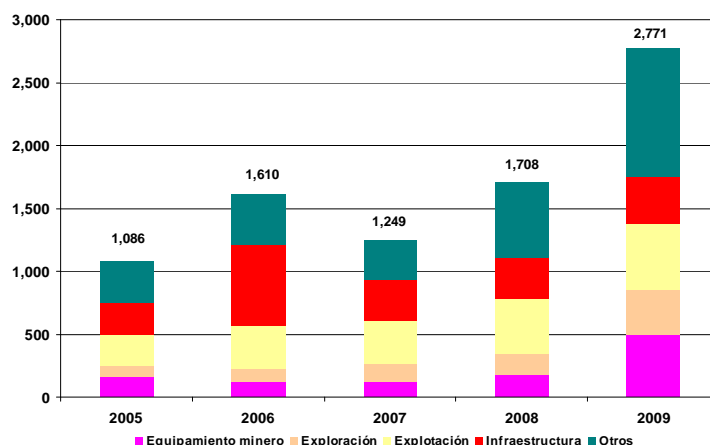
<b>Empresa Minera</b>	<b>Millones US\$</b>	<b>%</b>
Southern Peru Copper Corporation	435	15.7
Xstrata Tintaya S.A.	332	12.0
Compañía Minera Miski Mayo S.A.C	258	9.3
Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.	251	9.1
Votorantim Metais - Cajamarquilla S.A.	155	5.6
Minera Yanacocha S.R.L.	147	5.3
Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	91	3.3
Compañía Minera Antamina S.A.	89	3.2
Consorcio Minero Horizonte S.A.	87	3.1
Volcan Compañía Minera S.A.A.	85	3.1
Otras empresas	842	30.4
<b>Total</b>	<b>2,771</b>	<b>100.0</b>

Fuente: MINEM (2010)

Elaboración: Propia

En el año 2009, el monto total de inversiones en el sector minero ascendió a US\$ 2,771 millones, siendo el rubro en el que más se invirtió, el de explotación (19.1%), seguido de equipamiento minero (18.0%). En el período 2005-2009, el rubro en el cual se invirtió un mayor monto, fue infraestructura (22.9%), siguiéndole en importancia relativa, la inversión en explotación (22.6%) y en equipamiento minero (12.9%). Para el período 2012-2016, se espera un monto estimado de inversión de US\$ 25,346 millones, en el cual destacan la inversión de US\$ 4,200 millones del proyecto Las Bambas (Xstrata S.A.), de US\$ 3,000 millones del proyecto Quellaveco (Anglo American Quellaveco S.A.) y de US\$ 2,500 millones del proyecto Galeno (Lumina Copper S.A.C. – Minmetals - Jiangxi Copper) (MEF, 2011).

**Gráfico 02. Evolución de la inversión del sector minero según rubro 2005 - 2009**  
(Millones de US\$)

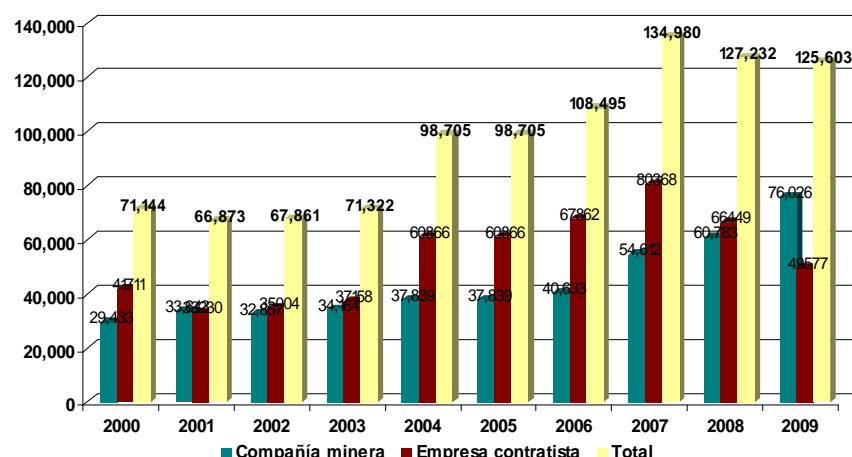


Fuente: MINEM (2010)

Elaboración: Propia

Respecto al nivel de empleo generado en el sector minero, éste ha sido habitualmente reducido debido a que este sector es capital-intensivo, demandante de una mano de obra calificada y especializada, la cual está ausente en las regiones en las cuales se localizan los yacimientos mineros. Según Glave y Kuramoto (2002) la minería ha contribuido solo a la generación del 2.0% al 3.0% del empleo en el país, situación que no ha variado con el crecimiento de la minería de los últimos años. Tal como se muestra en el gráfico 03, el empleo en el sector minero ha crecido progresivamente desde el 2001 hasta el 2007, para luego decrecer los años 2008 y 2009. La tendencia desde el 2002 ha sido el aumento del número de empleados directamente contratados por la empresa minera, en contraste del número de trabajadores captados mediante empresas contratistas, el cual si bien aumento en el período 2002-2007, desde el 2008 se ha reducido progresivamente. En el 2009, el número de empleados en el sector minero ascendió a 125,603, de los cuales el 61.0% correspondieron a trabajadores directamente contratados por empresas mineras.

**Gráfico 03. Evolución del empleo en el sector minero según tipo de contratación 2000 - 2009**



Fuente: MINEM (2010)

Elaboración: Propia

La organización del trabajo en sector minero ha cambiado en los últimos años. Los 3 turnos de 8 horas diarias han sido reemplazados por 2 turnos de 12 horas al día, y en la actualidad el promedio las remuneraciones de los empleados de la compañía minera respecto a aquellas pagadas por las empresas contratistas, se encuentra una relación de 4 a 1 a favor de las remuneraciones de los trabajadores de los contratados directamente por las compañías mineras.

## 2.5. Las concesiones mineras y los estudios ambientales

Para desarrollar la actividad minera se requiere previamente contar con la autorización por el uso del terreno, así como tener aprobados estudios ambientales para las actividades de exploración, explotación o beneficio de minerales. En el país la entidad encargada de otorgar los títulos de concesión minera, administrar el catastro minero y el derecho de vigencia<sup>8</sup> es el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Cabe indicar que las concesiones mineras implican la entrega al titular minero del derecho de exploración y explotación de minerales, más no los derechos sobre la superficie del predio donde se encuentra la concesión.

Según el MINEM (2010), al 2009 hubo 33,482 concesiones mineras vigentes que abarcó una superficie de 14,546,629 hectáreas, equivalente al 11.4% del territorio nacional. A la misma fecha se reportaron 467 unidades mineras en exploración (0.3% del territorio) y 398 unidades mineras en producción (0.6% del territorio del país), con lo que cerca del 1.0% del territorio nacional ha sido empleado para el desarrollo de la minería, existiendo un 10.0% del territorio nacional apto para la exploración minera que ha sido concesionado pero que no ha sido explorado.

<sup>8</sup> El derecho de vigencia es el pago que hacen anualmente todos los titulares mineros para solicitar una concesión minera y mantenerla vigente.

Respecto, a los estudios ambientales que se requieren para iniciar la actividad minera, es la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del MINEM, el órgano encargado de aprobar dichos estudios. Además, este órgano es el encargado de proponer y evaluar la política ambiental del sector minero, así como promover la ejecución de las políticas orientadas a la conservación y protección del medio ambiente vinculado al desarrollo de las actividades mineras. En el año 2009, se registraron un total de 237 solicitudes de aprobación de estudios ambientales, dentro de los cuales destacaron Estudios de Impacto Ambiental (EIA), Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) para las actividades de explotación en la gran y mediana minería, Estudios e Impacto Ambiental Semi Detallados para actividades de exploración o explotación en la pequeña minería y minería artesanal, entre otros.

### 3. PRODUCCIÓN MINERA, USO Y CONTAMINACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

#### 3.1. Las tecnologías de producción minera y el uso de los recursos hídricos

El agua es un insumo indispensable en el proceso productivo minero. Su uso es más intensivo en la fase del proceso productivo en el cual es combinada con reactivos químicos para separar el metal de la roca y así obtener el mineral con valor comercial. Esta fase de producción se la conoce como *concentración*, la cual procede a la fase de *explotación*, en la cual los minerales son extraídos de la mina<sup>9</sup>  
10.

Para separar la roca del mineral, las tecnologías mayormente usadas en el país son flotación y lixiviación, y en menor grado la de gravimetría<sup>11</sup>, estando la elección de la tecnología a emplear en función al metal a tratar. A continuación se hará una descripción de cada una de estas tecnologías para lo cual se empleará la información provista en el Manual de Minería publicada por Estudios Mineros del Perú (2005).

#### Flotación

Esta técnica es la más empleada en la práctica internacional (aproximadamente el 80.0% de la producción mundial de metales se obtiene por este método). Su uso extensivo radica en la posibilidad de aplicarla a diversos minerales y a su alta capacidad de recuperación por unidad de flotación. Este proceso se inicia con la trituración y el chancado de grandes trozos de roca en partes más pequeñas, para posteriormente molerlas y combinarlas con reactivos químicos y agua, lo cual permite separar los componentes valiosos de los no valiosos.

Los reactivos químicos usados van a permitir que la parte valiosa del metal flote (mediante el uso de reactivos espumantes), luego se concentre (mediante el uso de reactivos activadores), y que finalmente la parte no valiosa se hunda (mediante el

---

<sup>9</sup> Los minerales pueden ser extraídos de yacimientos mineros subterráneos o superficiales (tajo abierto). El empleo de uno u otro dependerá de la cercanía del depósito mineral a la superficie.

<sup>10</sup> Según Torres (2007) el proceso productivo minero consta de 5 fases. La primera es la de *exploración*, en la cual se busca el yacimiento minero para definir la cantidad, calidad y el valor del mineral a extraer. La segunda fase es en la cual se acondiciona el terreno y se provee la infraestructura para la explotación del mineral. Esta fase comprende la construcción de galerías, túneles y chimeneas, así como la provisión de infraestructura energética y vial, y el acondicionamiento de la maquinaria y equipo. La tercera y cuarta fases son de *explotación* y *concentración*, respectivamente, las cuales se describieron líneas arriba. Finalmente, la quinta fase, corresponde a la de *fundición* y *refinación*, en la cual los metales son purificados y fundidos para su comercialización. Cabe indicar que las empresas de la gran minería desarrollan las 5 fases de producción, mientras que las empresas de la mediana minería solo realizan las fases 3 y 4, y las de la pequeña minería solo la fase 3. Cabe indicar que dependiendo de la fase de producción que se estudie, se afecta en mayor o menor medida un determinado recurso natural. Así por ejemplo, la tierra es afectada mayormente en las fases de exploración y de desarrollo y acondicionamiento del terreno, y el aire se contamina mayormente en la fase de fundición y refinación. Dado que los recursos hídricos son afectados mayormente en la fase de concentración, será esta la fase de producción sobre la cual se tratará en el presente capítulo.

<sup>11</sup> Estas tecnologías también son las mayormente usadas a nivel mundial. En la práctica internacional adicionalmente se emplean las tecnologías de lixiviación por depósitos y la separación magnética.

uso de reactivos depresores). Adicionalmente, y dependiendo del tratamiento que se le quiera dar al mineral o minerales, se añaden otros tipos de reactivos químicos como modificadores, dispersantes, floculadotes, sulfurantes, estabilizadores y antidotos, los cuales modifican algunas de las condiciones del proceso de flotación<sup>12</sup>.

Para la obtención de metales mediante este método, el agua es un insumo indispensable dado que éste debe de cubrir la totalidad del material molido para que posteriormente puedan ocurrir las reacciones químicas y fisicoquímicas que hagan flotar el componente valioso del metal. El metal que flota suele contener altos niveles de agua (en ocasiones superiores al 90.0%), el que debe ser eliminado mediante un proceso denominado secado (espesado y filtrado).

### Lixiviación

Se la conoce también como método hidrometalúrgico dado que emplea el agua como principal insumo para la recuperación de minerales. En este proceso el agua es disuelta con reactivos químicos hasta formar una solución que regará la roca depositada en pilas o pads para separar los minerales valiosos de los no valiosos (“lixiviación en pilas”)<sup>13</sup>.

Este proceso requiere en primer lugar colocar una membrana impermeable (geomembrana) para que aisle el suelo de todo el proceso químico a desarrollar. Luego requiere implementar un sistema de cañerías que servirán para transportar y rociar la solución lixivante en los pads, así como un sistema de tuberías (sistema de drenaje) que permitirán recoger las soluciones que se vayan filtrando.

El proceso se inicia con el riego de la superficie del material apilado con una solución lixivante (agua y reactivos químicos) la cual varía dependiendo del metal a trabajar<sup>14</sup>. Esta solución disuelve el contenido de metal, produciendo una solución enriquecida con contenidos metálicos disueltos (solución pregnant) la cual es recuperada en pozas mediante un sistema de drenaje, para posteriormente recuperar el mineral fino (purificación y concentración) mediante la aplicación de procesos físico-químicos<sup>15</sup>.

### Gravimetría

---

<sup>12</sup> Para por ejemplo, dispersar partículas que entorpecen el proceso de flotación, evitar que se descompongan los reactivos usados, neutralizar la acidez, reducir la posibilidad que las partículas no valiosas del mineral floten, etc.

<sup>13</sup> Si bien este método es el más usado, existe dos métodos adicionales: (i) “Lixiviación insitu” la cual es aplicada a la roca sin remover; y la “lixiviación dinámica”, la cual consiste en tratar el mineral, después de su molienda.

<sup>14</sup> Por ejemplo, para el cobre se emplea ácido sulfúrico, y para el oro, cianuro de sodio.

<sup>15</sup> Para los óxidos de cobre se utiliza el ácido sulfúrico para su disolución, posteriormente se procede a su electro refinación; para el oro/plata, se utiliza el cianuro de sodio, que forma una solución enriquecida, a la que se añade polvo de zinc (proceso Merrill Crowe), para la precipitación de oro y plata.

Este proceso aprovecha la diferencia del peso específico entre el metal que se desea tratar y el material no deseado. En términos relativos, emplea una menor cantidad de reactivos y de agua que la tecnología de flotación y lixiviación, por lo que actualmente es reconocida como un proceso de tratamiento de minerales ambientalmente amigable.

En el país la tecnología más usada es la de flotación y en segundo lugar la de lixiviación. En el año 2009, para los 4 principales minerales producidos en el país, oro, plata, cobre y zinc, en promedio el 71.3% se produjo por flotación y el 26.2% por lixiviación. Sólo el 0.1%, en promedio, se produjo por gravimetría. Estos porcentajes varían dependiendo el tipo de mineral. Como se observa en la tabla 07, la totalidad de la producción de zinc se obtuvo mediante flotación, así como el 91.6% y 87.2% de la producción de la plata y el cobre, respectivamente. La tecnología de lixiviación se empleó mayormente en la producción de oro (83.8%) mientras la gravimetría básicamente se empleó para el tratamiento del oro (0.4%) y de manera muy reducida para la obtención del cobre.

**Tabla 07. Producción minera según minerales y tecnología para el año 2009**

Tecnología	Mineral							
	COBRE 1/		ORO 2/		ZINC 1/		PLATA 3/	
	TMF	%	Grs.f.	%	TMF	%	Kg.f.	%
Flotación	1,113,414	87.2	11,920,632	6.5	1,512,931	100.0	3,594,161	91.6
Lixiviación	162,795	12.8	154,211,951	83.8	0	0.0	328,548	8.4
Gravimetría	40	0.0	647,350	0.4	0	0.0	0	0.0
Otros	0	0.0	17,214,759	9.4	0	0.0	0	0.0
<b>Total</b>	<b>1,276,249</b>	<b>100.0</b>	<b>183,994,692</b>	<b>100.0</b>	<b>1,512,931</b>	<b>100.0</b>	<b>3,922,708</b>	<b>100.0</b>

1/ Expresado en Toneladas Métricas de Contenido Fino - TMF

2/ Expresado en Gramos Finos (Grs.F)

3/ Expresado en Kilogramos Finos (Kg.f)

Fuente: MINEM (2010)

Elaboración: Propia

### 3.2. El empleo de reactivos químicos para la obtención de los metales

Debido a que cada metal tiene una composición química particular, los reactivos químicos (cianuro, ácido sulfúrico, entre otros) empleados para separar la roca de los minerales depende del tipo del metal a tratar. Por ejemplo, para el tratamiento del cobre se emplea acetileno, óxido de calcio entre otros, y para el tratamiento de zinc se usa, además, de los señalados anteriormente, el ácido sulfúrico.

A continuación se describen brevemente los procesos de obtención de los principales minerales que se extraen en el país, cobre, oro, plata y zinc, precisándose los reactivos químicos que se emplean para el tratamiento de dichos minerales. Se describirá la tecnología de flotación para el cobre, el zinc y la plata, y de lixiviación para el caso del oro, dado que son las tecnologías que más se usan para la obtención de dichos minerales.

- Cobre: Este mineral según su composición química, se clasifica en minerales sulfurados y oxidados, por lo que los reactivos que se emplean para su



tratamiento dependen de esta clasificación. Para la flotación de los minerales sulfatados de cobre (pirita) se usa aceite de pino como espumante, los xantatos y/o los aerofloats como concentradores del metal y la cal para reducir el contenido de pirita. Por su parte, el tratamiento de los minerales oxidados de cobre (cuprita y tenorita), requiere un tratamiento previo de sulfurización con sulfuro de sodio para hacerlo más dóciles y otorgarle así un mayor grado de flotabilidad, para posteriormente agregarle xantato amílico de potasio y silicato de sodio.

- Zinc: Este mineral es habitualmente obtenido conjuntamente con el plomo y el cobre. Para su tratamiento se emplea la técnica de flotación diferencial por la cual se hace flotar primero el cobre y el plomo (mediante carbonato de soda o cal, thiocarbanilida, creosoto, aerofloat, xantato y ácido cresílico o aceite de pino)<sup>16</sup> y luego se deprime el zinc usando sulfuros de hierro y cianuro de sodio. El componente de cobre y plomo obtenido es separado, haciendo flotar primero el plomo, previa depresión del cobre con cianuro de sodio. Finalmente, se hace flotar el cobre y luego el zinc, empleando en este último proceso, cal o carbonato de soda, sulfato de cobre, aceite de pino o ácido cresílico y dithio fosfato.
- Plata: El tratamiento de este mineral se realiza mediante los reactivos del plomo, es decir mediante el carbonato de soda o cal, thiocarbanilida, creosoto, aerofloat, xantato y ácido cresílico o aceite de pino.
- Oro: Una vez que el mineral es apilado en pilas lixiviación se la rocía con una solución diluida de cianuro para extraer el oro del mineral. Adicionalmente, se agrega antiescamantes y soda cáustica o cal según se requiera, para controlar la acidez de la mezcla. La solución lixivia (lava y amalgama) las partículas de oro del mineral mientras se filtra y mediante un sistema de drenaje es almacenada en pozas. La solución que contiene el oro se denomina "solución pregnant", la cual es llevada mediante sistemas de bombeo hacia una planta de recuperación del oro. El método más usado para la recuperación del oro es la precipitación con zinc (método Merrill - Crowe), el cual consiste en agregar zinc en polvo, floculante y nitrato de plomo a la solución "pregnant", para generar que el oro se precipite (se separe) y el zinc en polvo se combine con el cianuro. Luego se funde el precipitado para recuperar el oro. Como resultado se obtiene el oro en barras (gold ore bullion), una solución de cianuro sin oro denominada "estéril" (barren solution), y material de desecho e impurezas (slag material).

### **3.3. La actividad minera y la contaminación de los recursos hídricos**

Como resultado del proceso de obtención de minerales se generan desechos y residuos, que son una mezcla de roca triturada, agua y reactivos químicos

---

<sup>16</sup> Estos son los reactivos químicos empleados en el tratamiento del plomo.

residuales, denominados “relaves mineros”, los cuales son depositados en plantas de recuperación de agua o en lugares de almacenamiento de relaves. En estos lugares, los relaves son acumulados en el fondo de la poza de almacenamiento y el agua residual es recuperada para ser reutilizada, o en todo caso es evaporada. Luego, los materiales contaminantes son solidificados para proceder a almacenarlos en los denominados depósitos de relaves<sup>17</sup>.

Adicional a la contaminación de los recursos hídricos por componentes químicos, existen otros 3 tipos de contaminación de la calidad del agua como consecuencia de las actividades mineras (De Rosa y Lyon, 1997).

### **3.3.1. El drenaje ácido de la minería**

El drenaje de la minería ácida (DAM) se genera cuando los sulfatos de las rocas son expuestos al aire libre o al agua. Este proceso se genera cuando la roca es removida y amontona en pilas de drenaje, y al entrar en contacto con el aire o con el agua crea ácido sulfúrico, cuya presencia en el agua y a un determinado nivel de acidez, crea una bacteria denominada "Tiobacilus Ferrooxidante", la cual acelera los procesos de oxidación y acidificación.

El ácido lixivia la roca mientras que la roca sigue expuesta al aire y al agua, proceso que continuara hasta que los sulfatos sean extraídos completamente. Según el Consejo de la Minería Ambiental de la Columbia Británica (2000) este proceso puede durar cientos, o miles de años, dado que el ácido es transportado desde la mina por el agua, las lluvias o por las corrientes superficiales, siendo posteriormente depositado en los estanques de agua, arroyos, ríos, lagos y mantos acuíferos cercanos, degradando la calidad del agua, pudiendo aniquilar así la vida acuática y volver el agua inservible. Según esta entidad, el DAM se constituye como la fuente mayor de contaminación por metales causada por la minería.

### **3.3.2. La contaminación por metales pesados y lixiviación**

Esta contaminación ocurre cuando ciertos metales como el cobalto, el cobre, el cadmio, el plomo, la plata y el zinc, contenidos en las rocas removidas, entran en contacto con el agua. Cuando esto ocurre, los metales extraídos son llevados río abajo, mientras el agua lava la superficie rocosa. Así, las consecuencias en el agua son similares a las generadas por el DAM.

### **3.3.3. La erosión y sedimentación**

Las actividades mineras alteran el estado natural del suelo debido a la construcción de caminos, basureros y el desarrollo de excavaciones a la intemperie. Cuando no se toman las prevenciones adecuadas, la roca removida, y

---

<sup>17</sup> Debido al alto costo de manejar los relaves, las compañías mineras intentan localizar los tanques o pozas de relave lo más cerca posible a la planta de procesamiento de minerales, con la finalidad de minimizar los costos de transporte y reutilizar el agua contenida.

la erosión posterior de la tierra puede transportar la sedimentación generada hacia los arroyos, ríos y lagos ubicados en las cercanías de las actividades mineras, pudiendo obstruir las riveras de los ríos, la vegetación de éstas y el hábitat para la fauna y los organismos acuáticos.

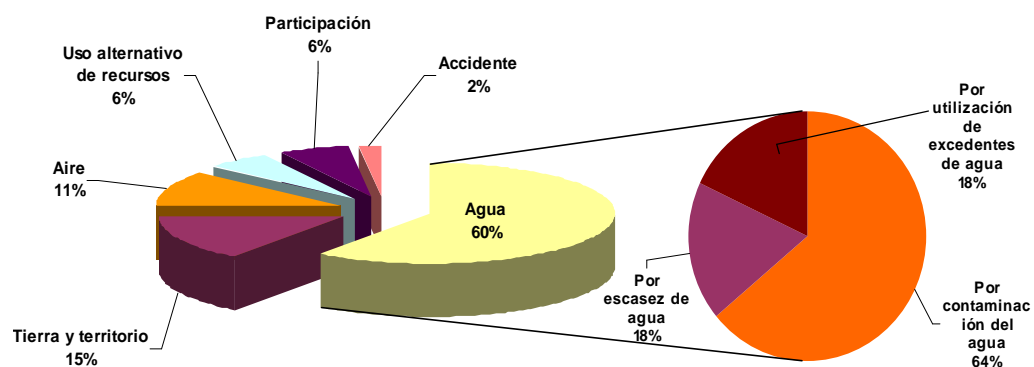
El manejo de relaves es una operación requerida para recuperar y reutilizar el agua y evitar filtraciones hacia el suelo y subsuelo. Además, la prevención y el tratamiento del DAM, así como de la contaminación del agua por metales pesados y por la erosión, son requeridas para evitar la contaminación y degradación de los recursos hídricos. Cuando esto no ocurre, los contaminantes generados, al tener contacto con el agua y el subsuelo, alteran la composición natural de estos últimos, lo que a su vez afecta a la fauna, flora y a la población que se ubica próxima a las operaciones de la mina. Según Núñez-Barriga y Castañeda-Hurtado (1999) en el Perú, los recursos hídricos tradicionalmente han sido los más afectados por la contaminación de la actividad minera. Esta contaminación ha afectado la productividad de la agricultura y la capacidad de carga de los pastos para la ganadería, esta última predominante en las áreas cercanas a las principales actividades mineras en el Perú (Torres, 2007).

Los efectos nocivos al rededor del agua han creado conflictos mineros en diversas zonas mineras del país. Según Glave y Kuramoto (2007) estos conflictos han estado referidos mayormente a la contaminación y al uso del recurso hídrico. Estos autores indican que el 60.% de la totalidad de los conflictos reportados tienen como tema principal el agua, siguiéndole en importancia relativa los problemas vinculados a la tierra y el territorio (15.0%), aire (11.0%), uso alternativo de recursos (6.0%), participación (6.0%) y accidentes (2.0%), tal como se muestra en el gráfico 04<sup>18</sup>. Sobre los conflictos relacionados al agua, el 64.0% se vincula con la contaminación de dicho recurso, el 18.0% se relacionan a la escasez de agua y el 18.0% restante por el empleo de excedentes de agua. Estos problemas se han registrado en diversas regiones del país, estando en algunos casos identificados de manera puntual, y en algunos otras faltando investigaciones más concretas respecto a la problemática generada (Glave y Kuramoto, 2007).

---

<sup>18</sup> Los conflictos relacionados a la tierra aparecieron en la década de 1990 y tienen que ver con el modo cómo las empresas mineras adquirieron las tierras de los pobladores ubicados cerca de los yacimientos mineros para iniciar sus operaciones, mientras problemas vinculados con el aire surgen debido a los gases tóxicos que se generan como resultado de los procesos productivos de las fundiciones y/o refinerías. Por su parte los conflictos relacionados con el uso alternativo de los recursos así como los de participación, son de aparición reciente. El primero tiene que ver con la negativa de la población a las nuevas operaciones mineras debido al temor de que éstas generen efectos nocivos que impidan el desarrollo de otras actividades económicas, mientras que el segundo se refiere al inicio de operaciones sin la licencia social requerida, dado que si bien las autoridades autorizan el funcionamiento de las empresas mineras, ocurre que la población no ha sido bien informada por lo que se niega a aceptar el inicio de las operaciones de la mina. Finalmente, se encuentra el conflicto por accidentes, el cual se refiere a la de previsión de riesgos de la empresa minera y de sus contratistas. Para mayor información véase Glave y Kuramoto (2007).

**Gráfico 04. Mapa de conflictos mineros entorno al recurso hídrico**



Fuente: Glave y Kuramoto (2007)

Elaboración: Propia

#### **4. MARCO NORMATIVO AMBIENTAL MINERO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

La regulación ambiental minera nace en el año 1991 con la promulgación de la Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero (Decreto Legislativo No. 708), en la cual se introdujo, entre otros aspectos, tres instrumentos para limitar la contaminación ambiental en el sector: (i) Estudios de Impacto Ambiental (EIA) los cuales se establecieron para las operaciones mineras nuevas, (ii) Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) establecidos para las operaciones mineras en funcionamiento y (iii) Auditorías Ambientales Externas para fiscalizar el cumplimiento de los PAMA<sup>19</sup>.

Estos instrumentos posteriormente fueron incorporados en el Decreto Supremo No. 014-92-EM por el cual se aprobó el Texto Único Ordenado (TUO) de la Ley General de Minería<sup>20</sup>, en cuyo Título Décimo Quinto se incorporaron los temas referidos a la protección del medio ambiente. En el año 1993 se promulgó el reglamento de esta norma mediante el Decreto Supremo No. 016-93-EM, en el cual se establecieron los lineamientos de la política ambiental del sector minero, los instrumentos para su implementación, así como la responsabilidad legal de los titulares de las actividades mineras por la contaminación de su proceso productivo y por el incumplimiento de los estándares ambientales.

##### **4.1. Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisión en los recursos hídricos**

En el año 1996, mediante la Resolución Ministerial No. 011-96-EM/VMM se establecieron los Límites Máximos Permisibles (LMP)<sup>21</sup> de emisión en los recursos hídricos para las actividades minero-metalúrgicas, los cuales se definieron como los niveles máximos de los elementos contenidos en los efluentes líquidos que se desprenden del proceso productivo minero que debían ser incorporados en los PAMA y en los EIA para controlar los vertimientos generados por las actividades mineras. En dicha norma se establecieron LMP a 8 parámetros de contaminación entre las cuales se encontraron el cianuro, arsénico, plomo, entre otros (véase la tabla 08); estableciéndose niveles de LMP para las actividades mineras nuevas, así como para aquellas actividades que al momento de la promulgación de la norma se encontraban en funcionamiento<sup>22</sup>.

---

<sup>19</sup> En esta norma además de los instrumentos ambientales señalados, incluyeron una serie de beneficios para la promoción de la actividad minera. Entre estas se encontraron: estabilidad administrativa, tributaria y cambiaria a las inversiones del sector minero; deducciones tributarias a las inversiones en infraestructura pública; libertad de envío de utilidades al exterior; libertad de disponibilidad de moneda extranjera; libre comercialización externa y externa, entre otros.

<sup>20</sup> Que modificó la Ley General de Minería de 1981, vigente hasta ese entonces.

<sup>21</sup> En adelante LMP.

<sup>22</sup> Los LMP en este último caso fueron menos restrictivos que en el primero, los cuales debían converger en un período no mayor a 10 años a los establecidos para las actividades mineras nuevas. En la Resolución Ministerial No. 011-96-EM/VMM también se estableció la frecuencia del recojo del muestreo para verificar los niveles de los LMP, así como de la presentación de reportes que contengan dicha información. Se determinó que mientras mayor sea el volumen de descarga de efluentes que realiza el sector minero – metalúrgico, más frecuente debía ser el recojo del muestreo y la elaboración de los reportes que contenga dicha información.

**Tabla 08. Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisión en los recursos hídricos para las actividades minero-metalúrgicos, año 1996**

Parámetro	Unidad de medida	OPERACIONES MINERAS NUEVAS		OPERACIONES MINERAS EN FUNCIONAMIENTO	
		Valor en cualquier momento	Valor promedio anual	Valor en cualquier momento	Valor promedio anual
Ph	Niveles	> 6 y < 9	> 6 y < 9	> 5.5 y < 10.5	> 5.5 y < 10.5
Sólidos totales en suspensión	mg/l 2/	50	25	100	50
Plomo	mg/l 2/	0.4	0.2	1	0.5
Cobre	mg/l 2/	1.0	0.3	2.0	1
Zinc	mg/l 2/	3.0	1.0	6.0	3.0
Hierro (Hierro)	mg/l 2/	2.0	1.0	5.0	2.0
Arsénico	mg/l 2/	1.0	0.5	1.0	0.5
Cianuro total 1/	mg/l 2/	1.0	1.0	2.0	1.0

1/ Equivalente a 0.1 mg/l de Cianuro Libre y 0.2 mg/l de Cianuro fácilmente disociable en ácido.

2/ Miligramos por litro

3/ No debe ser excedido mas de una vez al año

Fuente: Resolución Ministerial No. 011-96-EM/VMM

Elaboración: Propia

Estos LMP estuvieron vigentes desde 1996 hasta agosto del 2010, cuando se aprobaron los nuevos LMP para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas mediante el Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM. En esta nueva versión de LMP se han incluido 4 nuevos parámetros de contaminación (aceites y grasas, cadmio, cromo hexavalente y mercurio total) con lo cual los parámetros de contaminación regulados ascienden a 12. Además, en todos los casos los LMP para las emisiones en cualquier momento han sido más exigentes o se han mantenido invariantes respecto a los LMP de 1996, a diferencia de los LMP promedio anuales, los cuales en 3 casos (cobre, zinc y hierro) han sido más flexibles. Cabe indicar que en esta nueva versión de los LMP no se ha hecho la diferencia de LMP para actividades nuevas y para aquellas en funcionamiento, tal como si se realizó en los LMP de 1996.

**Tabla 09. Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisión en los recursos hídricos para las actividades minero-metalúrgicos, año 2010**

Parámetro	Unidad de medida	Límite en cualquier momento	Límite promedio anual	Variación respecto a los LMP de 1996 2/ 3/	
				Límite en cualquier momento	Límite promedio anual
Ph	(PH)	6 - 9	6 - 9	Sin variación	
Sólidos totales en suspensión	(STS)	50	25	Sin variación	
Plomo	(PB)	0.2	0.16	↓ 0.2	↓ 0.04
Cobre	(CU)	0.5	0.4	↓ 0.5	0.1↑
Zinc	(ZN)	1.5	1.2	↓ 1.5	0.2↑
Hierro (Hierro)	(FE)	2	1.6	Sin variación	
Arsénico	(AS)	0.1	0.08	↓ 0.90	↓ 0.42
Cianuro total	(CN)	1	0.8	Sin variación	
Aceites y grasas	(AyG)	20	16	Nuevo	
Cadmio	(CD)	0.05	0.04	Nuevo	
Cromo hexavalente 1/	(CR)	0.1	0.08	Nuevo	
Mercurio total	(HG)	0.002	0.0016	Nuevo	

1/ Miligramos por litro

2/ Las flechas hacia arriba indican que los LMP han sido más flexibles respecto a sus niveles de 1996. Las flechas hacia abajo indican lo contrario

3/ Comparación realizada respecto a las operaciones mineras nuevas

Fuente: Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM

Elaboración: Propia

Cabe señalar que el Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM establece que los LMP son de exigencia inmediata para las actividades minero-metalúrgicas cuyos estudios ambientales sean presentados con posterioridad a la fecha de la vigencia de dicha norma, es decir luego de agosto del 2010. Sin embargo, se estableció un plazo de 20 meses (contado a partir de agosto del 2010), para que las empresas mineras en operaciones adecuen sus procesos productivos para cumplir con los LMP. Este plazo incluso podría extenderse hasta los 36 meses, si la empresa minera decide invertir en nueva infraestructura de tratamiento para el cumplimiento de los LMP. Así, hasta abril del 2012, o en su defecto hasta agosto del 2013, las empresas mineras-metalúrgicas podrán exceder los LMP normativos y no ser sancionadas.

De otro lado, en la normativa internacional también se han establecido LMP de emisión en los recursos hídricos para el sector minero, los cuales, en su mayoría, son mucho más restrictivos y cubren un mayor número de parámetros que los establecidos en la normativa nacional.

Tal como se aprecia en la tabla 10 a nivel internacional se regulan 21 parámetros, mientras en el caso peruano solo 12, en 4 de los cuales (sólidos totales en suspensión, cobre, plomo y zinc) sus niveles son menos restrictivos que los establecidos internacionalmente. De otro lado, respecto a la frecuencia del recojo del muestreo para verificar los niveles de los LMP, ésta varía según la entidad reguladora. Así, por ejemplo, el Banco Mundial exige muestreos diarios para muchos de sus parámetros (ph, cianuro total, sólidos totales en suspensión, por ejemplo) y en otros muestreos mensuales (por ejemplo, para el arsénico, hierro y cobre). Por su parte, la agencia Environment Canada establece muestreos semanales para la totalidad de los parámetros que regula, mientras que el Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos no especifica la frecuencia de muestreo, y solo indica que los niveles de los parámetros deben cumplir con el promedio mensual establecido.

**Tabla 10. Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisión en los recursos hídricos para las actividades minero-metalúrgicos a nivel internacional**

FUENTE DE REGULACIÓN INTERNACIONAL / ÁMBITO				ph	Temperatura (incremento)	Sólidos Totales en Suspensión	Aceites y grasas	Cianuro Libre	Cianuro WAD	Cianuro Total	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Fenol	Arsénico	Cadmio	Cromo VI	Cromo Total	Cobre	Hierro	Plomo	Mercurio	Níquel	Radio-226	Zinc	Metales Totales	
				°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	BQ/L	mg/L	mg/L		
Grupo del Banco Mundial 1/	Minería de metales base y hierro			6-9	---	50	10	0.1	0.5	1	150	---	0.1	0.1	0.1	---	0.5	3.5	0.2	0.01	0.5	---	2	10	
	Fundición de cobre			6-9	≤ 3	50	---	---	---	---	---	---	0.1	0.1	---	---	0.5	3.5	0.1	0.01	---	---	1	10	
	Siderurgia			6-9	≤ 3	50	10	0.1	---	1	250	0.5	---	0.1	---	0.5		---	0.2	0.01	---	---	2	---	
	Fundición de plomo y zinc			6-9	≤ 3	50	---	---	---	---	---	---	0.1	0.1	---	---	0.5	3.5	0.1	0.01	---	---	2	5	
US EPA	Minería y procesamiento de mineral de hierro (fuentes puntuales) 2/		Max. diario	6-9	---	30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---	
			Prom. mens.	6-9	---	20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	
	Minería y procesamiento de mineral de níquel (fuentes puntuales) 3/	< 5000 t/d	Max. diario	6-9	---	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
			Prom. mens.	6-9	---	30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
		> 5000 t/d	Max. diario	6-9	---	30	---	---	---	---	---	---	1	0.5	---	---	---	0.3	---	0.6	---	---	---	1	---
			Prom. mens.	6-9	---	20	---	---	---	---	---	---	0.5	0.05	---	---	---	0.15	---	0.3	---	---	---	0.5	---
	Minería y procesamiento de minerales de cobre, plomo, zinc, oro y plata 4/	Minería superficial	Max. diario	6-9	---	30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.3	---	0.6	0.002	---	---	1.5	---
			Prom. mens.	6-9	---	20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.15	---	0.3	0.001	---	---	0.75	---
		Plantas concentradoras	Max. diario	6-9	---	30	---	---	---	---	---	---	---	0.1	---	---	---	0.3	---	0.6	0.002	---	---	1	---
			Prom. mens.	6-9	---	20	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	0.15	---	0.3	0.001	---	---	0.5	---
Environment Canada - MMER 5/			Prom. mens.	6-9.5	---	15	---	---	---	1	---	---	0.5	---	---	---	0.3	---	0.2	---	0.5	0.37	0.5	---	
Ontario - Ley de Protección Ambiental (560/94) 6/			Max. diario	6-9.5	---	30	---	---	---	2	---	---	1	---	---	---	0.6	---	0.4	---	1	---	1	---	
			Prom. mens.	6-9.5	---	15	---	---	---	1	---	---	0.5	---	---	---	---	0.3	---	0.2	---	0.5	---	0.5	---

1/ World Bank Group (WBG) 1998. Pollution Prevention and Abatement Handbook. Industry Sector Guidelines.544 pp.

2/ United States Government Environmental Protection Agency (US EPA) 2003. Code of Federal Regulation Part 440. One Mining and Dressing Point Source Category. New source performance standards (40 CFR 440.14)

3/ United States Government Environmental Protection Agency (US EPA) 2003. Code of Federal Regulation Part 440. One Mining and Dressing Point Source Category. Effluent limitations representing the degree of effluent reduction attainable by the application of the best practicable controls currently available (40 CFR 440.72)

4/ United States Government Environmental Protection Agency (US EPA) 2003. Code of Federal Regulation Part 440. One Mining and Dressing Point Source Category. New source performance standards (40 CFR 440.14)

5/ Environment Canada (EC). 2006. Fisheries Act Metal Mining Effluent Regulations. SOR/2002-222 and October 18, 2006 Amendment (SOR/DORS /2006-239)

6/ Government of Ontario (Ontario).1996. Environmental Protection Act Ontario Regulation 560/94 (Amended to O. Reg. 169/96) Effluent Monitoring and Effluent Limits - Metal Mining Sector

--- Sin regulación

Elaboración: Propia



## **4.2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de la emisión sobre los recursos hídricos**

Adicional a los LMP, en la normativa nacional e internacional también se han establecido Estándares de Calidad Ambiental (ECA)<sup>23</sup> de la emisión de los efluentes líquidos sobre los recursos hídricos. En el caso peruano, los ECA se han definido como una medida de la concentración en el agua de elementos, sustancias o parámetros (físicos, químicos y biológicos) que no representan un riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los ECA a diferencia de los LMP, se establecieron en función a los cuerpos receptores que afectan las actividades de los sectores productivos (agua, aire, ruido y suelo), y no por sectores económicos.

Los ECA para el agua en el Perú se establecieron por primera vez en el año 1969 en el Decreto Supremo No. 261-69-AP por el cual se aprobó el Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas<sup>24</sup>. Posteriormente, los ECA han sido modificados en los años 1983 y 2003 por los Decretos Supremos N° 007-83-SA y N° 003-2003-SA. En la actualidad los ECA vigentes han sido definidos por el MINAM mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM en julio del 2008 para las siguientes 4 categorías de agua<sup>25</sup>:

- Categoría 1: poblacional y recreacional
- Categoría 2: actividades marino costeras
- Categoría 3: riego de vegetales y bebidas de animales
- Categoría 4: conservación del ambiente acuático

Respecto a las sanciones, en la normativa nacional se establecen multas a los titulares de las actividades mineras por el incumplimiento de los LMP pero no por el de los ECA. Esto es así, dado que los LMP constituyen límites de calidad sobre el agua que deben cumplir las empresas mineras (estas son las responsables directas de sus niveles) mientras que los ECA representan niveles máximos de vertimientos que un cuerpo puede soportar a fin de mantener su equilibrio natural,

---

<sup>23</sup> En adelante ECA.

<sup>24</sup> La Ley General de Aguas se aprobó mediante el Decreto Ley No. 17752, en el mes de julio de 1969.

<sup>25</sup> Con anterioridad los ECA se habían definido para las siguientes 6 clases de agua:

- Clase I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección;
- Clase II. Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud;
- Clase III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales;
- Clase IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares);
- Clase V. Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos; y
- Clase VI. Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

no identificándose responsables directos del incumplimiento de sus estándares<sup>26</sup>  
<sup>27</sup>.

#### **4.3. Supervisión, fiscalización y sanción de la contaminación en el sector minero**

Las competencias de supervisión, fiscalización y sanción de las actividades minero-metalúrgicas han estado a cargo de diversas instituciones en lapsos de tiempo relativamente cortos. Desde 1993 hasta enero del 2007 fue el MINEM, la entidad que estuvo a cargo de estas funciones. En enero del 2007, mediante la Ley No. 28964, el MINEM se las transfiere al Organismo Supervisor de Inversión Energía y Minería (OSINERGMIN)<sup>28</sup>. Dicha institución realizó estas funciones hasta octubre del 2010, fecha en la cual se las transfiere al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) del Ministerio del Ambiente (MINAM)<sup>29</sup>.

Según el Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM, la fiscalización y la sanción por el incumplimiento de los LMP, así como la ejecución del plan de implementación que las empresas mineras deben ejecutar para el cumplir con los LMP, está a cargo del Ente Fiscalizador. Dicha norma sin embargo no establece el cual es el marco normativo de las escalas de multas y sanciones que deberán establecerse en el sector minero ante el incumplimiento de los LMP.

Las escalas de multas y penalidades a aplicarse por incumplimiento de disposiciones del TUO de la Ley General de Minería (Decreto Supremo No. 016-93-EM) y sus normas reglamentarias se establecieron por primera vez en la Resolución Ministerial No. 353-2000-EM/VMM de septiembre del 2000<sup>30</sup>. Posteriormente, y luego que el MINEM le transfiriera al OSINERGMIN en enero del 2007, las funciones de fiscalización y sanción en el sector minero, el OSINERGMIN estableció la escala de multas y sanciones para las actividades mineras en la Resolución de Consejo Directivo No. 185-2008-OS-CD de marzo del 2008. Luego y con la finalidad de incorporar los temas referidos al incumplimiento de las recomendaciones, en la forma, modo y/o plazo establecido

---

<sup>26</sup> En promedio los valores de LMP son menores a los ECA, dado que los LMP constituyen la salida del vertimiento (aguas) mientras que los ECA son la carga que puede recibir un cuerpo receptor (por ejemplo un río, lago o el mar).

<sup>27</sup> En la normativa internacional también se han establecido ECA. Sin embargo, desde que en el presente estudio se emplearán los LMP como referencia para estimar el costo de la contaminación minera sobre los recursos hídricos, se ha prescindido de presentarlos en esta sección.

<sup>28</sup> En adelante OSINERGMIN.

<sup>29</sup> Desde marzo del 2009, cuando se crea el MINAM, estas funciones debieran haber sido realizadas por la OEFA-MINAM. En enero del 2010 mediante el Decreto Supremo N° 001-2010-MINAM se estableció que hacia junio del 2010, el OSINERGMIN deberá transferir a la OEFA-MINAM las funciones de supervisión, fiscalización y sanción de las actividades de las empresas mineras. Este hecho no ocurrió sino hasta octubre del 2010. En adelante se llamará OEFA-MINAM al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental del Ministerio del Ambiente.

<sup>30</sup> Las escalas de multas y sanciones se establecieron inicialmente en los artículos 47° al 50° del Decreto Supremo No. 016-93-EM (Reglamento del TUO de la Ley General de Minería) en el cual se fijaron multas de carácter administrativo por el incumplimiento de los LMP establecidos para cada PAMA, así como de otras exigencias establecidas en dicha norma.

por los supervisores, se modificó dicha resolución por la Resolución de Consejo Directivo No. 57-2009-OS/CD de diciembre del 2009. En la actualidad el marco normativo de escalas de multas y sanciones está regulado por resoluciones del OSINERGMIN.

**Tabla 11. Escala de multas y sanciones en el sector minero establecidas por OSINERGMIN**

Infracción		Sanción por ocurrencia			
		1ra vez	2da vez	3ra vez	4ta vez en adelante
1	No exhibir, ni permitir examinar la documentación 1/	100 UIT	250 UIT	500 UIT	1000 UIT
2	Impedir, obstaculizar o interferir en la función y las facultades fiscalizadoras 1/				
3	No proporcionar información, proporcionarla fuera de plazo o inexacta				
4	Proporcionar información falsa 1/	200 UIT	500 UIT	1000 UIT	1000 UIT
5	Incumplir con las medidas cautelares y correctivas 1/				
6	No cumplir con la obligación cuyo incumplimiento generó la infracción 1/				
7	Incumplir las recomendaciones en la forma, modo y/o plazo establecido por los supervisores 2/	Hasta 8 UIT			

1/ Resolución de Consejo Directivo N° 185-2008-OS-CD del OSINERGMIN

2/ Resolución de Consejo Directivo No. 57-2009-OS/CD del OSINERGMIN

UIT: Unidad Impositiva Tributaria

Elaboración: Propia

Tal como se observa de la tabla 11, no se han establecido de manera específica multas y sanciones por el incumplimiento de los LMP. Sin embargo, éstas se ubicarían en cualquiera de los 6 tipos de infracciones estipuladas. En la actualidad, este es el marco legal para establecer las multas y sanciones en el sector minero ante el incumplimiento de los LMP. Si bien este marco normativo corresponde al OSINERGMIN, y ésta entidad ya no tiene las competencias de fiscalización y sanción, por lo que corresponderá a la OEFA-MINAM ratificar dichas normas o establecer otras nuevas.

## 5. LA EFICIENCIA MEDIOAMBIENTAL: ASPECTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS

### 5.1. Las fronteras de producción eficiente y los precios sombra

La *Eficiencia Medioambiental* (Pittman, 1981; 1983; Färe *et al.*, 1989; 1993; 2003) surgió en los años ochenta y desde sus inicios se avocó al estudio de los mecanismos para la valoración económica de la contaminación generada por las actividades productivas. La motivación para el cálculo de dicho valor radica en el hecho de que la contaminación ambiental no es comercializable en el mercado, razón por la cual los sistemas de precios fallan para asignar eficientemente los recursos productivos.

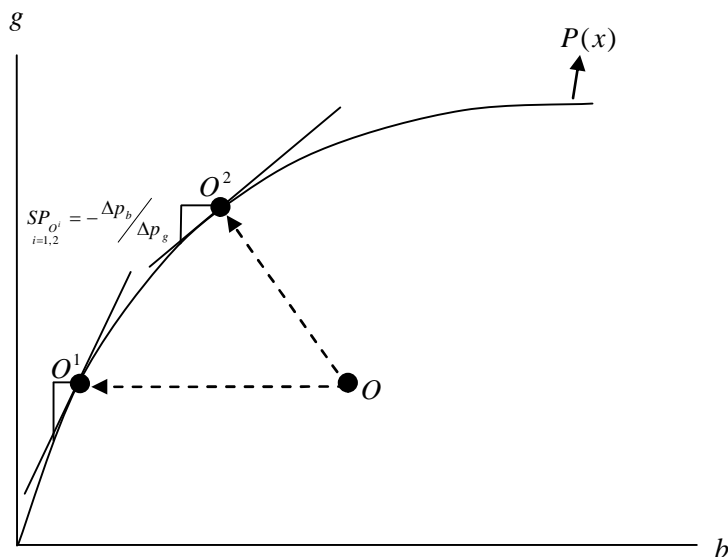
El método de análisis de la *Eficiencia Medioambiental* supone que las unidades productivas emplean diversos input para producir de manera conjunta dos tipos de output: *deseables* y *no deseables* (Färe y Grosskopf, 1998; Färe *et al.*, 1989; 1993), y establece un criterio de eficiencia medioambiental en el sentido de Pareto para identificar comportamientos ambientalmente eficientes. Así, una unidad productiva será eficiente si no puede producir más de un *output deseable* o menos de un *output no deseable*, sin disminuir la cantidad de otro *output deseable* o incrementar otro *output no deseable*, dada la dotación de input (insumos) y la tecnología de la empresa. En otras palabras, una unidad productiva será ambientalmente eficiente si tiene la habilidad para incrementar su producción deseable sin dañar el medio ambiente, es decir para producir sobre la frontera de posibilidades de producción eficiente, dada la tecnología.

En términos cuantitativos, la eficiencia medioambiental puede ser calculada como la distancia de una unidad productiva a la frontera de posibilidades de producción, construida a partir de un conjunto de input y output (*deseables* y *no deseables*). Esta evaluación revela información sobre la valoración económica que las unidades productivas tienen respecto a la contaminación ambiental que generan, la cual ha sido denominada en la literatura como los *precios sombra* de las externalidades ambientales. Estos precios sombra pueden calcularse mediante la pendiente de la proyección de una unidad productiva sobre la frontera de posibilidades de producción, y su lectura indicará “cuanto es el ingreso al cual las unidades productivas deben renunciar para reducir una unidad adicional de degradación ambiental” (Rao, 2000; Färe *et al.*, 1993).

En el gráfico 05, “ $g$ ” es la cantidad de *output deseable* y “ $b$ ” es la cantidad de *output no deseable*. Siendo la frontera de posibilidades de producción  $P(x)$ , la observación  $O$  corresponde a una combinación ineficiente de outputs, dado que es posible producir una mayor cantidad de *output deseable* y a la vez reducir la cantidad del *output no deseable* o en todo caso mantener constante el *output deseable* y reducir el *output no deseable*. En ambos casos, los vectores  $\overline{OO^1}$  y  $\overline{OO^2}$ , que representan la distancia del punto  $O$  a la frontera de producción

eficiente, constituyen una medida de eficiencia medioambiental (véase el gráfico 05)<sup>31</sup>.

**Gráfico 05. Fronteras de Posibilidades de Producción y los precios sombra de las externalidades ambientales**



Fuente: Adaptado de Färe *et al.*, (1989)  
Elaboración: Propia

Las pendientes de la proyecciones de la observación  $O$  sobre la función de producción (puntos  $O^1$  y  $O^2$ ), es decir la tasa marginal de sustitución técnica entre los *output deseables* y *no deseables* en ambos casos, corresponde a los precios sombra de la contaminación ambiental, la cual admite la siguiente lectura: “cuanto *output deseable* debería renunciar una unidad productiva, si desea reducir la contaminación ambiental en una unidad, manteniendo el nivel de eficiencia constante” (Färe *et al.*, 1989, 1993; Coggins y Swinton, 1996; Gollop y Swinand, 1998).

## 5.2. Las funciones-distancia y el cálculo de los precios sombra

Los precios sombra de los *output no deseables* habitualmente han sido estimados mediante funciones-distancia de tipo Shephard (1970)<sup>32</sup>. Estas funciones-distancia brindan una representación dual de la referencia tecnológica, y estiman la eficiencia medioambiental de una unidad productiva como la distancia a la frontera de producción eficiente. Luego, a partir de la estimación de la tasa marginal de sustitución técnica de los *output deseables* y *no deseables* de la

<sup>31</sup> Si esta distancia es igual a cero, la unidad productiva es eficiente y opera sobre la frontera de posibilidades de producción.

<sup>32</sup> Este autor propuso funciones-distancia en términos de output para el cálculo de índices de eficiencia. Su trabajo fue luego extendido a funciones distancia en términos de input, así como a funciones direccionales.

proyección de una observación (unidad productiva) sobre la función de producción eficiente, se calculan los precios sombra de los *output no deseables*.

Diversas metodologías se han utilizado para calcular los precios sombra de las externalidades ambientales, a partir del cálculo de funciones-distancia mediante la estimación de una frontera de producción eficiente. Estas metodologías pueden compilarse en dos grandes grupos, paramétricas y no paramétricas. Las metodologías paramétricas fueron propuestas inicialmente para la estimación de funciones de producción (Aigner y Chu; 1968), luego extendidas a funciones de costos (Pollak *et al.*, 1984) y posteriormente a funciones-distancia (Pittman, 1981, 1983; Färe *et al.*, 1993, 2003; Coggins y Swinton, 1996). La ventaja de emplear aproximaciones paramétricas para el cálculo de los precios sombra radica en que la derivación de una función-distancia con respecto a los outputs (*deseables y no deseables*) es más rigurosa, dado que especifican previamente una forma funcional para la referencia tecnológica de las unidades productivas evaluadas.

De otro lado, las metodologías no paramétricas o de programación matemática, son preferibles en contextos en los cuales las tecnologías de producción de las unidades productivas son desconocidas, existen múltiples output en la evaluación, o en los cuales los sistemas de precios son inexistentes, no significativos o inoperativos (Lovell, 1993). Destacan por su flexibilidad y la posibilidad de adaptarse a un contexto de múltiples inputs y outputs. Inicialmente, los precios sombra mediante esta metodología se estimaron a partir de funciones de producción translogarítmicas (Färe, *et al.*, 1989; Hernández, *et al.*, 1997) y posteriormente han sido calculados mediante la aproximación Data Envelopment Analysis (DEA) la cual asume rendimientos constantes o variables a escala, fuerte disponibilidad de inputs y outputs, y convexidad del conjunto de combinaciones de inputs y outputs (Lee, *et al.*, 2002; Salnykov y Zelenyuk, 2005).

### **5.3. Aplicaciones empíricas vinculadas a los precios sombra de las externalidades ambientales**

En el ámbito de las aplicaciones empíricas para el cálculo de los precios sombra mediante metodologías paramétricas, se encuentra el trabajo de Pittman (1983) quien estimó los precios sombra de elementos contaminantes en el agua (oxígeno bioquímico) para cada una de las 5 etapas del proceso de producción de la industria de papel del estado de Wisconsin en 1976. El autor estimó los precios sombra en US\$ 4,408 por tonelada, donde el 60.0% de dicho precio provenía de la fase del proceso productivo en el cual la tinta de las fibras del papel reciclado era removida previa a la elaboración del papel. Por su parte, Färe *et al.* (1989; 1993) extendieron el trabajo de Pittman (1983) incluyendo además del oxígeno bioquímico, otros contaminantes del agua que se derivan del proceso productivo de elaboración del papel (total de sólidos suspendidos, ácido sulfúrico y partículas diversas). Los autores encontraron que el *precio sombra* para el conjunto de estos contaminantes era de US\$ 30,489.5 por tonelada, mayor en US\$ 24,000 a los calculados por Pittman (1983).

De otro lado, Gollop y Swinand (1998) estudiaron los precios sombra de la polución del agua por el uso de pesticidas, herbicidas y fungicidas en la agricultura estadounidense para el período 1972-1993. Los autores señalaron que los precios sombra fueron más elevados en el período 1972-1979 que en período 1980-1993, y que las políticas de regulación influyeron tanto en los niveles de contaminación como en los precios sombra del sector.

Por el lado de las aplicaciones empíricas no paramétricas, se encuentra el estudio de Lee, *et al.*, (2002), quienes estimaron los precios sombra de la polución en el aire generada por las plantas energéticas en Korea para el período 1990-1995. Los autores encontraron que los precios sombra promedio de los óxidos de sulfuro, los óxidos de nitrógeno y el total de partículas suspendidas fueron 10.0% más bajos que aquellos calculados por mediante metodologías paramétricas.

Por su parte, Salnykov y Zelenyuk (2005) calcularon los precios sombra de las emisiones en el aire del dióxido de carbono, dióxido sulfúrico y óxido nitrógeno para el período 1990-2004, para una muestra variada de países. Los resultados indicaron que los contaminantes más perjudiciales para la salud tenían precios sombra más elevados, y que tanto países desarrollados como en vías de desarrollo podían ser ambientalmente eficientes.

#### **5.4. Metodologías para el cálculo de los precios sombra de los output no deseables**

##### **5.4.1. Metodologías no paramétricas**

Salnykov y Zelenyuk (2005) propusieron una aproximación no paramétrica para la estimación de los precios sombra de los *output no deseables*. Para ello emplearon una función de producción bajo el supuesto de retornos a escala variables de la siguiente forma:

$$P(x) = \{(g, b) : g \leq Gz, b \geq Bz, Xz \leq x, e^T z \leq 1, z \in \mathfrak{R}_+^K\} \quad (1)$$

Donde:

$G$  : es una matriz  $(1 \times K)$  de *output deseables*

$B$  : es una matriz  $(1 \times K)$  de *output no deseables*

$X$  : es la matriz  $(N \times K)$  de input

$e^T$  : es un vector  $(1 \times K)$  de 1

$z \in \mathfrak{R}_+^K$  : es el vector de intensidades<sup>33</sup>

$k$  : es el número de unidades productivas evaluadas (unidades mineras)

---

<sup>33</sup> Corresponden a los pesos asignados a cada unidad productiva evaluada en la construcción de la frontera de producción eficiente.

Sobre la base de la función de producción descrita anteriormente, se calculan funciones-distancia direccionales,  $\vec{D}_0(\cdot)$ , para cada una de las unidades productivas mediante la solución del siguiente problema de programación lineal:

$$\max \tau^k \quad (2)$$

s.a.

$$(i) \quad Gz \geq (1 + \tau^k)g^k, \text{ con } k = 1, \dots, K$$

$$(ii) \quad Bz \leq (1 - \tau^k)b^k$$

$$(iii) \quad Xz \leq x^k$$

$$(iv) \quad e^T z \leq 1$$

$$(v) \quad z \geq 0_K, \text{ con } \tau^k \geq 0$$

Una vez estimadas las funciones-distancia direccionales para el conjunto de unidades productivas evaluadas, se calculan los precios sombra de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos. Para ello, previamente se proyectan todas las observaciones evaluadas sobre la frontera de producción eficiente, considerando para ello las funciones-distancia direccionales estimadas. Dicha proyección se representará por un punto sobre la frontera de producción, el cual tendrá las siguientes coordenadas  $(g^k, b^k)$ :

$$g^{e^k} = \left[ 1 + \vec{D}_0^k(\cdot) \right] g^k \quad (3)$$

$$b^{e^k} = \left[ 1 - \vec{D}_0^k(\cdot) \right] b^k \quad (4)$$

Posteriormente, considerando las ecuaciones (3) y (4) se resolverán  $K$  problemas de programación lineal para cada unidad productiva evaluada:

$$\max_{z, \tau^k} \tau^k \quad (5)$$

s.a.

$$(i) \quad Gz \geq (1 + \tau^k)g^{e^k}, \text{ con } k = 1, \dots, K$$

$$(ii) \quad Bz \leq (1 - \tau^k)b^{e^k}$$

$$(iii) \quad Xz \leq x^k$$

$$(iv) \quad e^T z = 1$$

$$(v) \quad z \geq 0_K, \text{ con } \tau^k \geq 0$$

De esta manera se obtiene un conjunto de nuevos valores óptimos de  $\tau$  y  $z$ , así como un conjunto de multiplicadores de Lagrange para cada restricción en (5). Los multiplicadores de Lagrange de las restricciones (i) y (ii) son equivalentes a los precios sombra normalizados<sup>34</sup>. Finalmente, los precios sombra  $(\hat{p}_m^{b^k})$  de los

---

<sup>34</sup> Los ratios de estos multiplicadores de Lagrange son equivalentes a los ratios  $\vec{\partial D}_0^k(\cdot)/\partial g^k$  y  $\vec{\partial D}_0^k(\cdot)/\partial b_m^k$ .



*output no deseables* ( $b$ ) para el contaminante  $m$  ( $m = 1, \dots, M$ ) para cada unidad productiva evaluada se obtienen de la siguiente manera:

$$\hat{p}_m^{b\ k} = p^{g\ k} \frac{\lambda_{(ii)m}^k}{\lambda_{(i)}^k} \left[ \frac{1 - \vec{D}_0^k(\cdot)}{1 + \vec{D}_0^k(\cdot)} \right] \quad (6)$$

Donde:

$\lambda_{(i)}^k$ : es un multiplicador de Lagrange correspondiente a los *output deseables* (restricción (i) de la ecuación 5) para la  $k$ -ésima unidad productiva evaluada.

$\lambda_{(ii)m}^k$ : es un multiplicador de Lagrange correspondiente a los *output no deseables* (restricción (ii) de la ecuación 5) para la  $k$ -ésima unidad productiva evaluada y para el contaminante  $m$ .

#### 5.4.2. Metodologías paramétricas

Siguiendo a Chung (1996), y Färe *et al.*, (1993) el cálculo de los precios sombra requieren la estimación de una función-distancia direccional en términos de output, para lo cual proponen una especificación translogarítmica de la siguiente forma:

$$\ln \left[ 1 + \vec{D}_0(x, g, b | g, b) \right] = \alpha_0 + \alpha_1 \ln g + \sum_m \beta_m \ln b_m + \sum_n \gamma_n \ln x_n + \frac{1}{2} \alpha_{11} (\ln g)(\ln g) + \frac{1}{2} \sum_m \sum_{m'} \beta_{mm'} (\ln b_m)(\ln b_{m'}) \quad (7)$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_n \sum_{n'} \gamma_{nn'} (\ln x_n)(\ln x_{n'}) + \frac{1}{2} \sum_n \delta_n (\ln g)(\ln x_n)$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_m \sum_n \xi_{mn} (\ln b_m)(\ln x_n) + \frac{1}{2} \sum_m \zeta_m (\ln g)(\ln b_m)$$

Donde:

$g$ : corresponde a los *output deseables*

$b$ : corresponde a los *output no deseables*, donde  $n = 1, \dots, N$  es el número de *output no deseables*

$x$ : corresponde a los input, donde  $m = 1, \dots, M$  es el número de inputs

$\lambda, \beta, \gamma, \delta, \xi, \zeta$ : son los parámetros a ser estimados

$\vec{D}_0(\cdot)$ : es una función-distancia direccional

Para estimar los parámetros de la ecuación (7) se debe de minimizar la suma de las desviaciones, para lo cual se resuelve el siguiente problema de optimización:

$$\min_k \left[ \ln \left( 1 + \vec{D}_0(\cdot) \right) - \ln \left( 1 + \vec{D}_0(\cdot) \Big|_{\partial P(x)} \right) \right] \equiv \min_k \left[ \ln(1 + \vec{D}_0(\cdot)) - \ln(1 + 0) \right] \equiv \min_k \left[ \ln(1 + \vec{D}_0(\cdot)) \right] \quad (8)^{35}$$

<sup>35</sup> La ecuación (7) puede ser estimada usando (8) como una función objetivo de la siguiente manera:

Como resultado se obtiene la siguiente función-distancia direccional en términos de output:

$$\vec{D}_0(x^k, g^k, b^k | g^k, b^k) = \exp \left\{ \ln \left[ 1 + \vec{D}_0(x^k, g^k, b^k | g^k, b^k) \right] \right\} - 1, \forall k = 1, \dots, K \quad (9)$$

Donde:

$k$ : es el número de unidades productivas evaluadas (unidades mineras)

Finalmente, los precios sombra de los *output no deseables* son estimados de la siguiente forma:

$$p_m^b = p^g \frac{\frac{\partial \vec{D}_0(.)}{\partial b_m}}{\frac{\partial \vec{D}_0(.)}{\partial g}} \quad (10)$$

Donde:

$\vec{D}_0(.)$  es una notación abreviada para  $\vec{D}_0(x, g, b | g, b)$

Luego de reemplazar  $\vec{D}_0(x, g, b | g, b)$  en la ecuación (10) y del uso de artificios

algebraicos, se obtiene los precios sombra ( $p_m^{bk}$ ) para el  $j$ -ésimo *output no deseable* para las  $k$  unidades productivas mineras evaluadas de la siguiente manera:

---


$$\min \sum_k \left[ \ln \left( 1 + \vec{D}_0(x^k, g^k, b^k | g^k, b^k) \right) \right]$$

s.a

$$(i) \ln \left( 1 + \vec{D}_0(x^k, g^k, b^k | g^k, b^k) \right) \geq 0, \quad k = 1, \dots, K \quad \text{Requisimiento para que todas las observaciones sean tecnológicamente posibles.}$$

$$(ii) \frac{\partial \left[ n(1 + \vec{D}_0(.)) \right]}{\partial (\ln g)} \leq 0, \quad \frac{\partial \left[ n(1 + \vec{D}_0(.)) \right]}{\partial (\ln b_m)} > 0, \quad m = 1, \dots, M$$

Garantiza precios sombra no negativos para output deseables y precios sombra no positivos para output no deseables.

$$(iii) \alpha_1 - \sum_m \beta_m = -1; \quad \alpha_{11} - \sum_m \zeta_m = 0; \quad \zeta_m - \sum_{m'} \beta_{mm'} = 0; \quad \delta_n - \sum_m \xi_{mm} = 0$$

Impone propiedades funcionales a la función - distancia direccional.

$$m, m' = 1, \dots, M$$

$$n = 1, \dots, N$$

$$(iv) \beta_{mm'} = \beta_{m'm}, \quad \gamma_{mm'} = \gamma_{m'n} \quad \text{Impone propiedades de simetría.}$$

$$\hat{p}_m^k = \frac{\hat{\beta}_j + \sum_m \hat{\beta}_{mj}(\ln b_m^k) + \frac{1}{2} \sum_n \hat{\xi}_{jn}(\ln x_n^k) + \frac{1}{2} \hat{\xi}_j(\ln g^k)}{\hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_{11}(\ln g^k) + \frac{1}{2} \sum_n \hat{\delta}_n(\ln x_n^k) + \frac{1}{2} \sum_m \hat{\xi}_m(\ln b_m^k)} \times \frac{g^k}{b_m^k} \quad (11)$$

### 5.5. El uso de los recursos hídricos y el nivel de la contaminación óptima

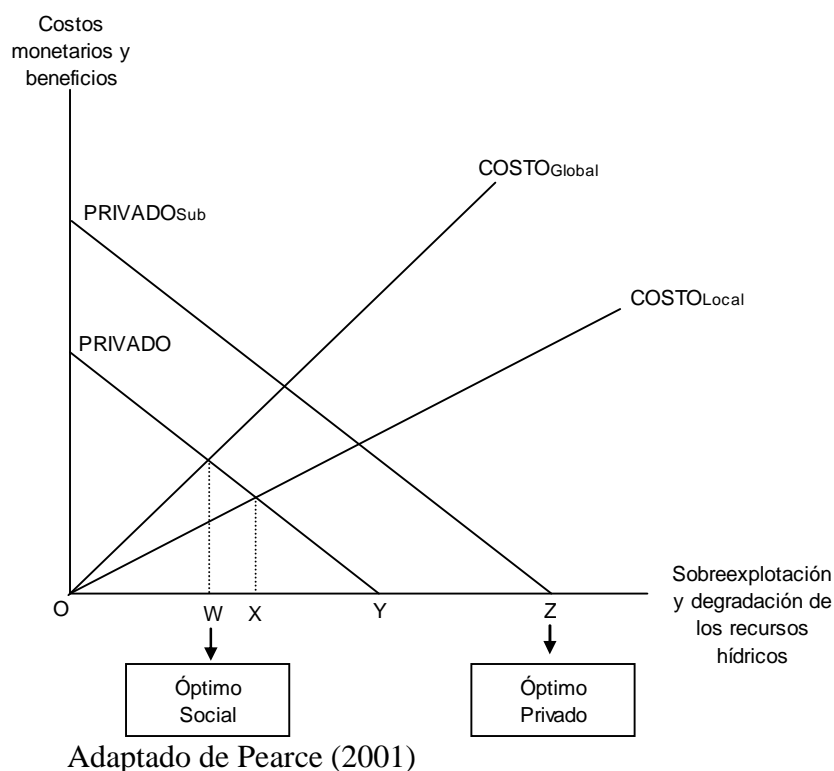
El concepto de la contaminación óptima de los recursos hídricos se vincula con las nociones de uso y degradación de dicho recurso, relacionándose de manera directa con el concepto de valoración. Así, el empleo de los recursos hídricos mostrará mejoras en el bienestar, si los beneficios netos de los costos son positivos, y exhibirá pérdidas en el bienestar si los costos son mayores a los beneficios. Este análisis costo beneficio conlleva una complicación particular, desde que los recursos hídricos constituyen bienes públicos, no pudiendo ser comercializados en el mercado al igual que los bienes privados, lo cual impide asignar un precio a este recurso<sup>36</sup>. En este contexto, surge una falla de mercado, en la cual frecuentemente se genera la explotación, degradación y contaminación de los recursos hídricos por los mercados productivos.

Una forma de corregir esta falla de mercado implica capturar el valor de todos los beneficios (sociales y privados) provistos por los recursos hídricos a través de mecanismos de valoración económica. Según Pearce y Turner (1990), uno de los mecanismos cuya aplicación es recomendable para el caso de los recursos medioambientales es el Valor Económico Total, el cual hace la distinción entre dos tipos de valores en el uso de los recursos hídricos: (i) valor de uso, el cual se deriva del uso directo del recurso (transporte y navegación, provisión del agua doméstica, irrigación para la agricultura, etc.), y (ii) valor de no uso, el cual se vincula a la existencia del recurso, aun cuando los agentes económicos no lo empleen ni se beneficien de este de manera directa (biodiversidad, herencia cultural, etc.)<sup>37</sup>. En el gráfico 06, se ejemplifican estos conceptos, en el cual la curva PRIVADO representa los beneficios privados netos marginales del uso del agua; la curva PRIVADO<sub>Sub</sub> representa los beneficios privados netos marginales del uso del agua exacerbados por subsidios a su uso; la curva COSTO<sub>Local</sub> simboliza los costos marginales externos locales del uso de los recursos hídricos; y la curva COSTO<sub>Global</sub> representa los costos externos marginales globales y locales del uso de los recursos hídricos.

<sup>36</sup> Un bien es considerado público cuando su uso no genera situaciones de rivalidad o exclusión. De un lado, no se genera rivalidad si el uso de un bien no reduce la cantidad que puede ser consumida por otras personas. De otro lado, no se genera exclusión si no es posible ofrecer un bien solo a aquellas personas quienes pagan por dicho bien.

<sup>37</sup> Según Krutilla (1967) con la finalidad de alcanzar una valoración integral de los recursos hídricos es esencial mediar los “valores de no uso” de dichos recursos, lo cual permitirá obtener una completa valoración de los recursos hídricos.

**Gráfico 06. Niveles de equilibrio del uso de los recursos hídricos**



Las cuatro curvas generan cuatro equilibrios, los cuales se asocian con cuatro niveles del uso y degradación de los recursos hídricos. El primer punto, *Y*, corresponde al óptimo privado local, donde todas las externalidades son ignoradas, y en el cual además no existen subsidios al uso del agua. El segundo punto, *Z*, es el óptimo privado local, donde todas las externalidades son ignoradas y el uso del agua es subsidiada. El tercer equilibrio representa el óptimo social local, punto *X*, donde las externalidades locales son internalizadas pero las externalidades globales son ignoradas. Finalmente, el punto *W*, es el óptimo social global donde todas las externalidades son internalizadas. Cabe indicar que cuando una externalidad es internalizada las fallas de mercado y del gobierno han sido corregidas hasta el punto donde se logra la eficiencia económica. En la gráfico 06, las fallas del gobierno<sup>38</sup> son medidas por la distancia *YZ*. Las fallas de mercado locales son medidas por *XY*, y las fallas de mercado globales por *WX*. La distancia *WZ* refleja la ineficiencia total del uso de los recursos hídricos, la cual representa la divergencia entre el óptimo social y privado. El uso eficiente de los recursos hídricos ocurre en *OW*, donde el beneficio marginal privado iguala al coste marginal global, el cual representa el nivel de contaminación óptima en los recursos hídricos que la sociedad está dispuesta a aceptar.

<sup>38</sup> Las cuales corresponden a la cantidad y calidad del agua que es perdida en la economía.

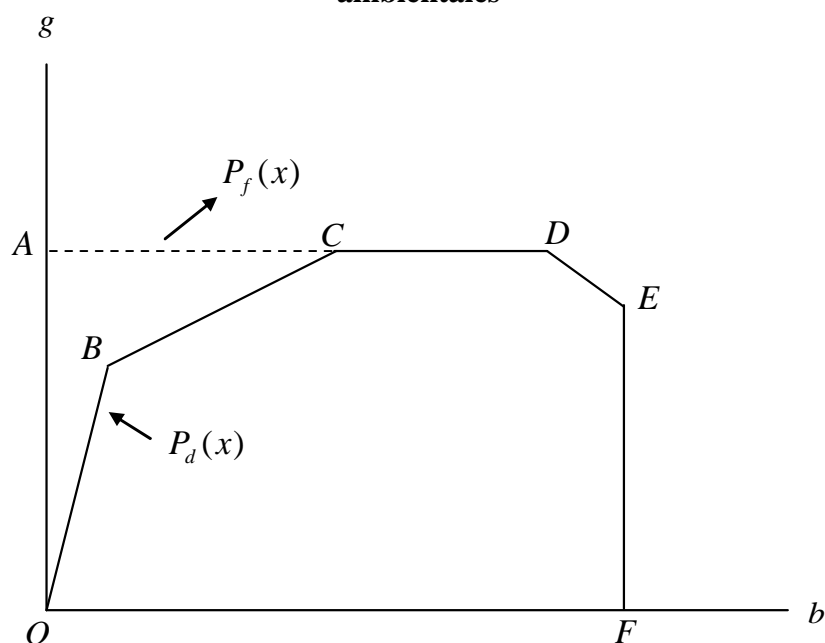
## **5.6. La regulación ambiental, los precios sombra y el costo de la contaminación minera sobre los recursos hídricos**

La introducción de mecanismos que permitan internalizar las externalidades que se desprenden de los procesos productivos y que permitan además alcanzar niveles de contaminación óptima, se relaciona de manera directa con la presencia de la regulación ambiental en un determinado sector. En un contexto en el cual los procesos productivos generan residuos, es posible modelarlos mediante la especificación de una tecnología que considera la producción conjunta de output deseables y no deseables, que a la vez permite distinguir entre procesos regulados y no regulados. Así, en los procesos regulados la producción de output no deseables está sometida a restricciones ambientales mientras que en los procesos libres (o no regulados) no existe normativa de regulación sobre el conjunto de los output.

En el marco de la Eficiencia Medioambiental, la presencia de normativas ambientales sobre la producción de los output no deseables formalmente se ha representado mediante el axioma de “eliminación débil”, el cual indica que la eliminación de residuos tiene un costo que puede ser medido en términos de oportunidad del empresario como una disminución en la producción de los output deseables. La concepción que subyace a este supuesto es que cuando la regulación ambiental limita la capacidad de la empresa para generar contaminantes, ésta debe destinar recursos al cumplimiento de la normativa, reduciendo así su capacidad para producir output deseables. De otro lado, la ausencia de regulaciones ambientales está asociada al supuesto de “eliminación fuerte”, el cual permite que los output no deseables se puedan eliminar de manera gratuita en un proceso productivo (Färe, *et.al.*, 1989).

El gráfico 07 permite ilustrar los conceptos de eliminación fuerte y débil señalados anteriormente, así como estos se relacionan con la existencia de restricciones ambientales sobre la producción de los output no deseables. El área *OACDEF* representa el conjunto de posibilidades de producción bajo el axioma de eliminación fuerte para los output no deseables, mientras que el conjunto *OBCDEF* constituye el conjunto de planes de producción técnicamente posibles bajo el axioma de eliminación débil. Como se muestra, la frontera de producción bajo el supuesto de eliminación débil representa valores del output deseable inferiores a los alcanzables en el caso de eliminación fuerte, lo cual se asocia con la presencia de regulaciones en la producción de contaminantes, que generan que la empresa desvíe recursos productivos al cumplimiento de la normativa, razón por la cual se sitúa en niveles de producción por debajo de los técnicamente factibles Picazo *et. al.* (2001).

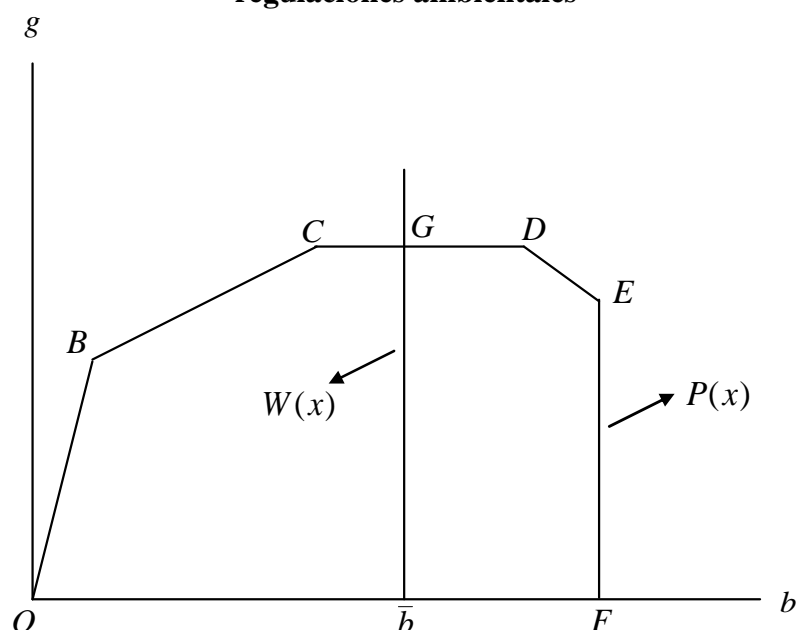
**Gráfico 07. Axiomas de eliminación fuerte y débil y las restricciones ambientales**



Adaptado de Picazo *et. al.* (2001)

En este contexto, las regulaciones ambientales se introducen a partir del establecimiento de límites absolutos a la producción de output no deseables, las cuales las empresas están impedidas de rebasar ( $\bar{b}$ ). El gráfico 08 muestra la referencia tecnológica cuando existen regulaciones ambientales. Como se observa, si no existiesen limitaciones a la producción de output no deseables, el conjunto de posibilidades de producción es  $P(x)$  que corresponde al área delimitado por  $OBCDEF$ , mientras que cuando no se permite producir más de una determinada cantidad de contaminantes, el conjunto de producción es más reducido, representado por el área  $OBCG\bar{b}$ .

**Gráfico 08. Conjunto de posibilidades de producción restringido por las regulaciones ambientales**



Adaptado de Picazo *et. al.* (2001)

En teoría las regulaciones ambientales que se establecen sobre los recursos hídricos debieran considerar la noción de contaminación óptima (aquella en la que el beneficio marginal privado iguale al coste marginal global) en su determinación. Sin embargo, en la práctica esto no necesariamente ocurre pues, como se señaló anteriormente, los recursos hídricos son bienes públicos y no existe información de un sistema de precios asociados a estos recursos para determinar los costos y beneficios marginales que subyacen al concepto de contaminación óptima. Una aproximación para la determinación de estos precios la brinda los precios sombra, los cuales corresponden al costo marginal de la contaminación ambiental, e indica cuanto es el ingreso al cual las unidades productivas deben renunciar para reducir una unidad adicional de degradación ambiental (Rao (2000); Pittman, (1981,1983); Färe *et al.*, (1989; 1993; 2003). Estos costos marginales serán calculados en el capítulo 6, los cuales corresponden a los costos marginales de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para los años estudiados, acorde a los que establece el paradigma neoclásico convencional.

Con la finalidad de tener una aproximación de referencia sobre la contaminación total generada en los recursos hídricos como consecuencia de las actividades mineras, en el capítulo 7 se calculará el costo económico de la contaminación ambiental minera mediante el producto de los precios sombra según parámetro contaminante (que se calcularán en el capítulo 6), por los LMP promedio anuales que las empresas mineras emitieron en los recursos hídricos en los años bajo estudio. Este costo económico debe considerarse como una aproximación cuantitativa referencial, la cual no se condice con el concepto de contaminación

óptima descrito en la sección 5.5, sino con la noción del costo total que se hace incurrir a la sociedad por la contaminación, la cual corresponde a la totalidad de los contaminantes vertidos en los recursos hídricos en los años estudiados. En el gráfico 08, esta aproximación del costo económico se condice con una función de producción no restringida ( $P(x)$ ), en la cual no existen límites normativos a la emisión de contaminantes (es decir se consideran la totalidad de los contaminantes que se desprenden del proceso productivo), en línea con el axioma de eliminación débil de los output no deseables.

Finalmente, en el capítulo 8 se calcularán las multas que debieran establecerse en el sector minero por exceder los LMP establecidos en la normativa. Estas multas se estimarán al multiplicar los precios sombra (calculados en el capítulo 6) por el exceso de los LMP promedios anuales establecidos en la normativa. Al igual que el cálculo del costo económico, estas multas no se condicen con un concepto de contaminación óptima, por lo que deben ser concebidas como el monto de las multas referenciales que deberían establecerse en ausencia de óptimos sociales. En el gráfico 08, la estimación de estas multas se condicen con una referencia tecnológica restringida ( $W(x)$ ), acorde con el axioma de eliminación débil de los output no deseables que establece la literatura de la Eficiencia Medioambiental.



## **6. CÁLCULO DEL COSTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MINERA SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

### **6.1. Muestra**

La muestra utilizada corresponde a las empresas mineras que estuvieron bajo el ámbito de la Campaña Nacional de Monitoreo Ambiental de Efluentes y Recursos Hídricos que realizó el OSINERGMIN en los años 2008 y 2009 en las siguientes 8 regiones del país: Pasco, Lima, Ancash, Arequipa, La Libertad, Huancavelica, Junín y Cajamarca. El objetivo de dicha campaña fue verificar el cumplimiento de los niveles máximos permisibles en los efluentes, así como la calidad de las aguas de los cuerpos receptores vinculados a las actividades de las empresas mineras-metalúrgicas<sup>39</sup>.

En el presente estudio, para el año 2008 se incluyeron 20 empresas mineras, las cuales abarcaron un total de 28 unidades productivas (véase la tabla 12), mientras que para el año 2009 el número de empresas incluidas fue de 25, las cuales comprendieron un total de 37 unidades productivas (véase la tabla 13). Tanto en las tablas 12 y 13 se muestra además el número de afluentes monitoreados según unidad productiva minera, así como la fuente hídrica de descarga de los afluentes mineros. Cabe indicar que todas las unidades mineras bajo estudio pertenecen a la gran y mediana minería, cuya producción promedio de los años 2008 y 2009, representó el 31.9% del total de las exportaciones de minerales del año 2009.

---

<sup>39</sup> Cabe indicar que esta campaña fue realizada cuando OSINERGMIN tenía las competencias de fiscalización y sanción por incumplimiento de las exigencias ambientales de las empresas mineras. Actualmente dichas competencias están a cargo de la OEFA-MINAM.

**Tabla 12. Unidades productivas mineras bajo estudio, número de afluentes monitoreados y fuente hídrica de descarga según empresas mineras para el año 2008**

Región	Empresa Minera	Unidades Productivas Mineras	Número de Efluentes (Puntos de Monitoreo)	Fuente hídrica a la que descarga
<b>Ancash</b>	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	Santa Luisa (Huanzala)	12	Río Torres
	Minera Huallanca S.A.	Pucarrajo y Contonga		Quebrada Tayash y Laguna Shahuana
	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina		Río Puchca y Qda. Carash
<b>Arequipa</b>	Minera Bateas S.A.C.	San Cristobal	14	Río Santiago
	Cedimin S.A.C	Chaquellle		Río Cacamayo y Quebrada Miña
	Cia. Minera Ares S.A.C.	Ares y Arcata		Río Collpa y Río Arocampa
	Cia Minera Buenaventura S.A.A.	Orcopampa		Río Chilcaymarca y Río Orcopampa
<b>Huancavelica</b>	Cía Minera Caudalosa S. A.	Huachocolpa Uno	12	Río Escalera
	Cia Minera Buenaventura S.A.A.	Recuperada y Julcani		Río Pallcapampa y Río Opamayo
	Castrovirreyna Cía. Minera S.A.	San Genaro		Laguna Orcococha y Laguna Choclococha
<b>Junín</b>	Volcan Cía. Minera S.A.A.	Andaychagua, San Cristobal / Mahr Túnel y Carahuacra	9	Río Andaychagua, Río Yauli y Río Rumichaca
	Doe Run Perú SRL	Complejo Metalúrgico La Oroya		Río Mantaro
<b>La Libertad</b>	Pan American Silver S.A.	Quiruvilca	9	Río Moche
	Compañía Minera San Simón S.A.	La Virgen		Río Paloquián y Río Suro
	Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa		Río Ucumal y Quebrada Maleta
<b>Lima</b>	Compañía Minera Casapalca SA	Americana	6	Río Rímac
	Empresa Minera Los Quenuales SA	Casapalca		Río Rímac
	Votorantim Metais- Cajamarquilla SA	Cajamarquilla		Río Rímac
<b>Pasco</b>	Volcan Cía. Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	15	Canal de Cerro de Pasco
	Compañía Minera Chancadora Centauro S.A.	Quicay		Río Quicay
	Compañía Minera El Brocal S.A.	Colquijirca		Río San Juan
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animon		Laguna Naticocha Centro
	Pan American Silver S.A.	Huaron		San José
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>77</b>	<b>32</b>

Elaboración propia

**Tabla 13. Unidades productivas mineras bajo estudio, número de afluentes monitoreados y fuente hídrica de descarga según empresas mineras para el año 2009**

Región	Empresa Minera	Unidades Productivas Mineras	Número de Efluentes / Puntos de Monitoreo	Fuente hídrica a la que descarga
Ancash	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	El Recuerdo, Santa Luisa (Huanzala) y Berlín	21	Río Torres, Río Chuspich y Río Llamac
	Minera Huallanca S.A.	Pucarrajo y Contonga		Quebrada Pucarrajo, Quebrada Tayash, Quebrada Shahuana-Tayash, Laguna Contonga y Laguna Pajoscocha
	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina		Quebrada Tucush, Río Ayash y Quebrada Antamina
Arequipa	Minera Bateas S.A.C.	San Cristobal	17	Río Santiago
	Cedimin S.A.C	Chaquellé		Quebrada Puncuhuaycco, Río Cacamayo, Río Collpamayo y Quebrada
	Cía. Minera Ares S.A.C.	Ares y Arcata		Río Collpa y Río Arocampa
	Cía Minera Buenaventura S.A.A.	Orcopampa		Río Chilcaymarca
Cajamarca	Minera Yanacocha S.R.L	Chaupiloma Sur	9	Canal Tual, Quebrada Ornamo, Quebrada Shillamayo, Quebrada San Jose, Quebrada Occuchamachay, Canal Encajon Collotan, Quebrada paccha y Quebrada Encajon
Huancavelica	Cía Minera Caudalosa S. A.	Huachocolpa Uno	16	Río Escalera
	Cía Minera Buenaventura S.A.A.	Recuperada y Julcani		Río Pallcapampa, Quebrada Chontacancha y Río Opamayo
	Castrovirreyna Cía. Minera S.A.	San Genaro		Laguna Yanacocha, Laguna Orcococha y Quebrada San Julian
Junín	Volcan Cía. Minera S.A.A.	Andaychagua, San Cristobal / Mahr Túnel y Carahuacra	7	Río Yauli
La Libertad	Pan American Silver S.A	Quiruvilca	16	Río Moche
	Cía. Minera San Simón S.A.	La Virgen		Río Suro
	Cía. Minera Aurífera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa		Río Ucumal
	Consorcio Minero Horizonte S.A.	Acumulación Parcoy		Río Parcoy
	Cía. Aurífera Real Aventura	Culebrillas		Río Parcoy
	Cía. Minera Poderosa S.A.	Unidad La Libertad (Pataz) y Unidad Trujillo (Vijus)		Quebrada Honda (desemboca en el río Francés), Quebrada El Tingo y Río Marañón
Lima	Volcan Cía. Minera S.A.A.	Ticlio	7	Quebrada Antaranra
	Compañía Minera Casapalca SA	Americana		Río Rimac
	Empresa Minera Los Quenuales SA	Casapalca		Río Rimac
	Votorantim Metais- Cajamarquilla SA	Cajamarquilla		Río Rimac
Pasco	Volcan Cía. Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	24	Río San Juan
	Compañía Minera Chancadora Centauro S.A.	Quicay		Río Quicay
	Compañía Minera El Brocal S.A.	Colquijirca		Río San Juan
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animon		Laguna Naticocha Norte
	Pan American Silver S.A.	Huaron		San José
	Compañía Minera Milpo S.A.A.	Milpo N° 1		Río Lloclla y Río Huallaga
	Compañía Minera Atacocha S.A.A.	Atacocha		Río Huallaga
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>117</b>	<b>50</b>

Elaboración propia

Previo a describir las variables que se emplearán para realizar los cálculos, merece la pena describir la metodología empleada en la Campaña Nacional de Monitoreo Ambiental. Ésta abarcó los siguientes tres componentes de trabajo:

- (i) Pre-campo. - En el cual se seleccionaron los puntos de toma de la muestra de agua. Dicha selección se realizó sobre la base de la información obtenida de los puntos de monitoreo registrados en el Sistema de Información Ambiental del MINEM, de los informes de fiscalización de las normas ambientales realizados en años previos, de los reportes de Evaluación Sanitaria realizados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA); así como del reconocimiento realizado en campo. Una vez seleccionados dichos puntos de monitoreo, el OSINERGMIN procedió con la evaluación y aprobación (o desaprobación) de los mismos. En esta fase de pre-campo se elaboró además un plan de trabajo y un cronograma de monitoreo.
- (ii) Campo. - Esta etapa se recolectaron las muestras de agua de cuerpos receptores y de los efluentes minero-metalúrgicos, para lo cual se consideraron las recomendaciones establecidas en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del MINEM. La frecuencia de muestreo se realizó 3 veces al día durante 3 días según punto de monitoreo, en el cual los horarios abarcaron horas diurnas y nocturnas por un periodo entre 5 a 10 días, conforme a los planes de monitoreo aprobados.
- (iii) Post-campo. - Esta fase implicó el análisis químico de las muestras de agua recogidas en campo, para lo cual se emplearon laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). Además, se analizaron los resultados obtenidos y se preparó el informe final de los muestreos.

Se destacan 3 ventajas vinculadas al empleo de los resultados de la Campaña Nacional realizada por el OSINERGMIN para el presente estudio.

- La primera de ellas consiste en que el monitoreo ambiental del OSINERGMIN fue realizado bajo el esquema “inopinado”, en la cual las muestras de agua se toman sin informar previamente a la unidad minera de dicha toma de muestra. De esta manera se asegura que las unidades mineras no hayan tenido la oportunidad de alterar la contaminación de las aguas, por lo que los resultados constituirían una mejor aproximación del comportamiento ambiental de las empresas mineras<sup>40</sup>.
- La segunda ventaja radica en el hecho que se cuentan con resultados del monitoreo por empresa minera y por unidad productiva minera. La ventaja de contar con datos por unidad minera permitirá conocer si una empresa minera, que cuenta con dos o más unidades productivas localizadas en lugares diferentes, tienen comportamientos ambientales distintos (o similares).

---

<sup>40</sup> Esta forma de fiscalización ambiental minera marca una diferencia respecto al esquema de monitoreo regular en el cual se le notifica a la empresa minera respecto al día que se realizará la fiscalización.

- La tercera ventaja corresponde al hecho que el monitoreo se ha realizado en “zonas mineras priorizadas” por lo que la información de dicho monitoreo, resulta representativa para aproximar el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para los años 2008-2009.

## 6.2. Variables

En el proceso productivo minero puede ser caracterizado por uno en el cual las empresas mineras producen un único *output deseable- producción minera* ( $g$ )-, medida en millones de dólares<sup>41</sup>, para lo cual emplean diversos los factores productivos, los cuales se encuentran medidos en millones de dólares<sup>42</sup>. Como resultado de dicho proceso productivo minero se generan 13 tipos de contaminantes u *output no deseables* ( $b$ ): potencial de hidrógeno (PH), sólidos suspendidos (STS), plomo (PB), cobre (CU), zinc (ZN), hierro (FE), arsénico (AS), cianuro (CN), cadmio (CD), mercurio (HG), cromo (CR), níquel (Ni) y selenio (SE). Cabe indicar que los primeros 11 parámetros corresponden a los LMP de emisiones sobre los recursos hídricos para actividades minero-metalúrgicas regulados en el Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM promulgado en agosto del 2010. Tanto el níquel como el selenio no se encuentran regulados en la normativa nacional, sin embargo, como se desprenden del proceso productivo minero fueron incluidos en el estudio.

Cabe indicar que en el presente estudio, los efluentes líquidos provenientes de las actividades minero-metalúrgicas corresponderán a cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores, que proviene de:

- Cualquier labor, excavación o movimiento de tierras efectuado en el terreno cuyo propósito es el desarrollo de actividades mineras o actividades conexas, incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte y cierre de minas, así como campamentos, sistemas de abastecimiento de agua o energía, talleres, almacenes, vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público), y otros;
- Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación

<sup>41</sup> La producción minera expresada en millones de dólares se calculó al multiplicar la producción de cada unidad productiva minera por los precios de las cotizaciones internacionales. Cabe indicar que en dicho cálculo, se consideró la producción de los distintos minerales que cada unidad productiva produjo en los años 2008 y 2009.

<sup>42</sup> Debido a la falta de información de los costos de los insumos productivos según unidades mineras para los años bajo estudio, estos fueron aproximados como un porcentaje de la producción total. Dicho porcentaje fue de 33%, el cual fue calculado como el porcentaje promedio para 16 empresas mineras de la gran y mediana minería, que en el año 2007 cotizaron en la Bolsa de Valores de Lima. Para la construcción de dicho porcentaje, se revisó la información de los Estados Financieros correspondientes al IV trimestre del 2007, los Estados Financieros Anuales Auditados correspondiente al mismo año y las Memorias Anuales de las empresas mineras en cuestión. La fuente de información de dichas variables fue la Comisión Nacional Supervisora de Empresas y Valores (CONASEV).

magnética, amalgamación, reducción, tostación, sinterización, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros;

- Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociado con actividades mineras o conexas, incluyendo plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos;
- Cualquier depósito de residuos mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros;
- Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras; y,
- Cualquier combinación de los antes mencionados<sup>43</sup>.

La información estadística de las variables *output deseable* se obtuvo del MINEM, mientras que la información de las variables *output no deseable* fue proporcionada por el OSINERGMIN. La descripción estadística de las variables *output deseables*, *output no deseables* e input para los años 2008 y 2009 se presenta en la tabla 14.

**Tabla 14. Descripción estadística de las variables output deseables y no deseables y variables input para los años 2008 y 2009**

Variables	Unidades	Media		Desviación Estándar		Máximo		Mínimo	
		2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Output deseable									
Producción de minerales (g)	Millones de dólares	305.6	232.7	723.7	559.3	3785.2	2903.2	20.3	4.9
Input									
Costo de producción (x <sub>i</sub> )	Millones de dólares	100.8	76.8	238.8	184.6	1249.1	958.1	6.7	1.6
Output no-deseable									
Potencial de hidrógeno (PH)	Niveles	7.85	7.52	1.10	0.55	10.78	8.29	5.17	5.77
Sólidos suspendidos (STS)	mg/l 2/	84.87	53.87	146.48	93.79	677.13	515.27	3.65	5.00
Plomo (PB)	mg/l 2/	0.03	0.02	0.05	0.02	0.17	0.08	0.00	0.00
Cobre (CU)	mg/l 2/	0.30	4.31	0.73	24.02	3.26	146.38	0.00	0.00
Zinc (ZN)	mg/l 2/	3.20	43.66	7.99	190.68	38.57	1139.71	0.02	0.01
Arsénico (AS)	mg/l 2/	0.14	0.07	0.47	0.12	2.48	0.58	0.00	0.00
Cadmio (CD)	mg/l 2/	6.81	20.32	36.00	123.50	190.49	751.25	0.00	0.00
Mercurio (HG)	mg/l 2/	0.00	0.01	0.01	0.05	0.05	0.30	0.00	0.00
Cromo (CR)	mg/l 2/	2.39	0.01	12.39	0.01	65.59	0.03	0.00	0.00
Níquel (NI)	mg/l 2/	7.85	0.02	39.33	0.04	208.25	0.16	0.00	0.00
Selenio (SE)	mg/l 2/	15.45	0.02	81.53	0.02	431.48	0.05	0.00	0.00
Hierro (FE)	mg/l 2/	1.67	3.72	5.14	8.82	25.97	39.03	0.01	0.01
Cianuro 1/ (CN)	mg/l 2/	0.03	0.04	0.07	0.06	0.27	0.22	0.00	0.00

1/ Equivalente a 0.1 mg/l de Cianuro Libre y 0.2 mg/l de Cianuro fácilmente disociable en ácido.

2/ Miligramos por litro

Elaboración propia

Cabe indicar que para el cálculo del precio sombra de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos se empleó una metodología no paramétrica y otra paramétrica. Para el cálculo de la primera se empleó la aproximación Data Envelopment Analysis (DEA), y para la metodología paramétrica se empleó una especificación translogarítmica. El programa DEAP 2.1 (Data Envelopment Analysis Program-Versión 2.1) fue utilizado para realizar las estimaciones de las fronteras no paramétricas, mientras que para el cálculo de las fronteras paramétricas se empleó programación en MATLAB.

<sup>43</sup> Regulado en el numeral 3.2 del artículo 3 del Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM.

### **6.3. Estimaciones**

#### **6.3.1. Cálculo de los precios sombra de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos**

Los resultados de las estimaciones de los precios sombra según unidad productiva minera y tipo de contaminante calculados a partir de metodologías no paramétricas y paramétricas para los años 2008 y 2009 se muestran en las tablas 15 y 16, respectivamente. En el año 2008, el precio sombra promedio correspondiente al conjunto de las unidades mineras analizadas ascendió a US\$ - 907 mil y US\$ - 1,306 mil calculado a partir de metodologías no paramétrica y paramétrica, respectivamente. Por su lado, en el año 2009, el precio sombra promedio correspondiente a las unidades analizadas ascendió a US\$ - 632 mil y US\$ - 699 mil calculado a partir de metodologías no paramétrica y paramétrica, respectivamente.

Cabe indicar que los precios sombra calculados representan el costo marginal de la emisión de una unidad de contaminación ambiental minera en los recursos hídricos. En otras palabras, los precios sombra indican cuanto tienen que reducir las unidades productivas mineras de su ingreso para reducir la contaminación ambiental en una unidad contaminante. Dicho costo, en el año 2008 ascendió, en promedio para el conjunto de unidades mineras evaluadas, a US\$ - 1,106 mil y en el 2009 a US\$ - 665 mil.

#### Análisis de los resultados para el año 2008

Para el año 2008, el análisis según unidad productiva minera indica que las unidades Antamina de la empresa Antamina y el Complejo Metalúrgico La Oroya de la empresa Doe Run Perú tienen los precios sombra más elevados para el conjunto de las unidades mineras evaluadas, tanto para metodologías paramétricas como no paramétricas. La primera unidad minera explica, en promedio según ambas metodologías, el 9.2% del precio sombra para dicho año, mientras la segunda el 5.4%, explicando en conjunto el 14.6% del precio sombra promedio para el 2008. Esto es debido a que tanto Antamina como el Complejo Metalúrgico La Oroya concentran el 59.0% de la producción total de las 28 unidades mineras analizadas, lo cual estaría indicando que las unidades mineras que más producen tienen un costo de oportunidad mayor por evitar contaminar el medio ambiente.

Por el contrario, las unidades productivas Huarón (Empresa Pan American Silver S.A), Orcopampa (Compañía de Minas Buenaventura S.A.A) y Casapalca (Empresa Minera Los Quenuales S.A.) poseen los precios sombra más reducidos del conjunto de unidades mineras estudiadas. En promedio, el precio sombra de estas tres unidades mineras, según metodologías no paramétricas y paramétricas, ascendió a US\$ - 987 mil, monto reducido si se lo compara con aquellos de las unidades mineras Antamina y del Complejo Metalúrgico La Oroya, el cual ascendió, en promedio, a US\$ - 2,237 mil. La explicación de ello radica en el

hecho que estas tres unidades mineras explican solamente el 5.8% de la producción total de las unidades mineras bajo estudio, lo cual indica que el costo de oportunidad de las unidades mineras de contaminar los recursos hídricos, es mayor mientras mayor es su nivel producción minera, y menor mientras su producción minera es más reducida.

El análisis por contaminante indica que, en promedio, el 68.2% de los precios sombra total es explicado por el potencial de hidrógeno (28.7%), los sólidos total en suspensión (17.3%) y el mercurio (22.2%), lo cual indica que la emisión de unidad contaminación por estos contaminantes genera un mayor costo en los recursos hídricos que la emisión de los otros contaminantes estudiados. De otro lado, los parámetros de contaminación menos contaminantes son el cadmio, el cromo y el níquel, los cuales explicaron, en promedio, el 0.1% del precio sombra total para el caso de metodologías no paramétricas y paramétricas.

#### Análisis de los resultados para el año 2009

Para el año 2009, el análisis según unidad productiva minera para el año 2009 indica que las unidades Antamina de la empresa Antamina y la unidad Chaupiloma Sur de la empresa Yanacocha tienen los precios sombra más altos para el conjunto de 37 unidades mineras evaluadas tanto para el caso de metodologías no paramétricas como paramétricas, explicando en promedio el 13.9% del monto del precio sombra total para dicho año. Esto se explica por el hecho que ambas unidades mineras concentran en conjunto el 57.5% de la producción en el 2009 para las unidades bajo estudio, por lo que al igual que en el 2008 y acorde a lo que señala la literatura, el costo de oportunidad de los empresarios por evitar contaminar los recursos hídricos como resultado de sus actividades productivas, es mayor en los que más producen y generan un mayor ingreso y menor en caso contrario.

En contraste, las unidades productivas mineras Santa Luisa (Compañía Minera Santa Luisa S.A.); Acumulación Parcoy (Consorcio Minero Horizonte S.A.) y Unidad La Libertad (Compañía Minera Poderosa S.A.) poseen los precios sombra más reducidos del conjunto de unidades mineras estudiadas. Estas tres unidades productivas explican en conjunto el 3.0% de la producción total de minerales de las unidades bajo estudio, lo cual indican que sus costos de oportunidad por contaminar el medio ambiente son menores dado que su producción (ingresos) son menores.

Al igual que en el 2008, el potencial de hidrógeno resultó ser en el 2009, el parámetro de contaminación más contaminante, explicando en promedio, el 37.7% del precio sombra total para dicho año. Este contaminante adicional a los sólidos total en suspensión (16.1%) y el plomo (13.4%), explicaron en promedio el 67.3% de los precios sombra total en el 2008, tanto para el caso de metodologías no paramétricas como paramétricas. Cabe señalar que a diferencia del año 2008, en el cual el mercurio resultó ser un parámetro que explicó un



porcentaje elevado del precio sombra total de dicho año (22.2%), en el 2009, dicho contaminante solo representó el 0.7%.

Los resultados de los precios sombra para el 2008 y 2009 indican que existe una relación positiva entre estos y los montos de producción (expresados en US\$), lo cual revela que los costos de oportunidad de los empresarios mineros por no contaminar los recursos hídricos son mayores en las empresas más grandes y menores en las empresas más pequeñas acorde a lo que señala la literatura. Otro resultado es que el potencial de hidrógeno (nivel de acidez) resultó ser el parámetro de contaminación más contaminante, explicando en promedio para el 2008 y 2009, más de la tercera parte del precio sombra total de dichos años. Además, es posible mencionar que los precios sombra son explicados por pocos parámetros de contaminación (4 de los 13 bajo estudio), desde que tanto en el 2008 como en el 2009, el potencial de hidrógeno, los sólidos total en suspensión, el mercurio y el plomo explicaron cerca del 70.0% de los precios sombra total en dichos años.

Los precios sombra son útiles para su aplicación en el ámbito de las políticas públicas medioambientales. Como se verá más adelante, una gran utilidad de los precios sombra es que permitirá aproximar las multas que debieran establecerse en el sector minero ante el incumplimiento de los estándares ambientales de emisiones en los recursos hídricos (LMP normativos promedios anuales). Además, los precios sombra permiten analizar de cómo estos varían en el tiempo, así como ayudan a predecir el nivel de contaminación ambiental que podría generarse ante un incremento de 1.0% en la producción de minerales.

**Tabla 15. Precios sombra de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología no paramétrica y paramétrica para el año 2008**  
**(US\$ / Unidad de contaminación)**

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIOS SOMBRA																												Total	
			Potencial de Hidrógeno (PH) US\$ / niveles		Sólidos Total Suspendidos (STS) US\$ / mg/l		Plomo (PB) US\$ / mg/l		Cobre (CU) US\$ / mg/l		Zinc (ZN) US\$ / mg/l		Arsénico (AS) US\$ / mg/l		Cadmio (CD) US\$ / mg/l		Mercurio (HG) US\$ / mg/l		Cromo (CR) US\$ / mg/l		Níquel (NI) US\$ / mg/l		Selenio (SE) US\$ / mg/l		Hierro (FE) US\$ / mg/l		Cianuro total (CN) US\$ / mg/l					
			NP		P		NP		P		NP		P		NP		P		NP		P		NP		P		NP		P			
			NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P		
Ancash	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	-1.313.934	-1.379.631	-167.612	-172.640	-144.510	-202.315	-28.559	-45.695	-30.702	-36.934	-88.111	-220.278	-509	-598	-118.887	-278.196	-5.620	-8.149	-601	-1.070	-424	-845	-277.883	-319.566	-270.082	-510.455	-2.447.836	-3.176.372		
	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	Santa Luisa	-261.234	-274.296	-187.530	-193.156	-51.144	-71.601	-36.363	-58.181	-32.242	-38.787	-68.023	-170.058	-472	-555	-154.975	-362.642	-646	-937	-514	-916	-5	-5	-16.995	-19.544	-6.770	-12.795	-816.914	-1.203.473		
	Minera Huallanca S.A.	Contonga	-265.283	-276.547	-180.273	-185.661	-50.591	-70.827	-36.301	-58.082	-31.153	-37.477	-67.599	-169.998	-469	-551	-154.694	-361.983	-633	-917	-519	-924	-2	-2	-16.927	-19.466	-2.231	-4.217	-806.674	-1.167.672		
		Pucarrapo	-266.077	-279.381	-181.536	-186.982	-50.362	-70.506	-36.217	-57.948	-33.064	-39.776	-67.740	-169.350	-473	-556	-154.733	-362.076	-633	-918	-522	-929	-4	-4	-16.216	-18.648	-6.870	-12.984	-814.448	-1.200.060		
Arequipa	Minera Bateos S.A.C.	San Cristóbal	-265.711	-278.996	-180.821	-186.245	-51.821	-72.549	-36.341	-58.146	-32.344	-38.910	-67.576	-168.940	-471	-554	-154.275	-361.003	-632	-916	-519	-924	-8	-9	-16.425	-18.889	-18.569	-35.086	-825.513	-1.221.177		
	Cedimín S.A.C.	Chaquelle	-269.300	-282.765	-180.741	-186.163	-52.165	-73.031	-36.223	-57.956	-32.297	-38.854	-67.389	-168.474	-472	-554	-155.876	-364.750	-635	-921	-518	-922	-14	-15	-17.177	-19.753	-1.951	-3.687	-814.760	-1.197.847		
	Compañía Minera Ares S.A.C.	Ares	-265.261	-278.524	-180.181	-185.587	-51.802	-72.523	-36.067	-57.706	-32.319	-38.879	-67.167	-167.968	-471	-553	-154.650	-361.882	-637	-924	-519	-924	-16	-17	-17.080	-19.619	-17.547	-33.164	-823.717	-1.218.270		
		Arcata	-258.339	-271.256	-206.725	-212.927	-48.886	-68.441	-36.300	-58.080	-32.198	-38.734	-68.316	-170.791	-470	-552	-155.817	-364.612	-642	-930	-520	-926	-41	-42	-17.532	-20.162	-3.900	-7.372	-829.688	-1.214.828		
	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Orcopampa	-246.580	-258.909	-182.133	-187.597	-34.128	-47.780	-36.923	-59.077	-32.477	-39.070	-67.183	-167.957	-471	-553	-161.698	-378.374	-647	-938	-471	-938	-82	-84	-16.643	-19.139	-13.408	-25.341	-792.844	-1.185.657		
Huancavelica	Castrovirreyña Compañía Minera S.A.	San Genaro	-265.237	-278.499	-181.038	-186.469	-52.578	-73.609	-35.328	-56.524	-32.316	-38.876	-69.256	-173.139	-471	-553	-154.693	-361.982	-633	-918	-518	-921	-3	-3	-19.181	-22.058	-2.050	-3.225	-813.300	-1.196.776		
	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Jalcán	-264.325	-277.541	-181.095	-175.119	-51.892	-72.649	-40.626	-65.002	-32.293	-31.234	-67.646	-169.114	-471	-451	-154.658	-361.899	-634	-919	-518	-507	-2	-2	-17.120	-19.688	-2.050	-3.874	-813.329	-1.177.998		
		Recuperada	-263.776	-276.965	-181.329	-186.769	-51.448	-72.027	-36.321	-58.114	-32.360	-38.930	-67.485	-168.713	-471	-554	-154.724	-362.055	-635	-921	-518	-922	-7	-7	-17.201	-19.782	-2.050	-3.875	-808.327	-1.188.632		
Junín	Compañía Minera Caudalosa S.A.	Huacocapca Uno	-264.744	-277.981	-181.096	-186.529	-51.052	-71.472	-36.367	-58.187	-33.191	-39.929	-67.602	-169.094	-18.403	-21.623	-154.794	-362.217	-633	-620	-518	-923	-1	-1	-17.089	-19.629	-2.051	-2.029	-827.521	-1.210.145		
	Volcan Compañía Minera SAA	Andaychagua	-267.710	-270.596	-183.643	-189.152	-56.416	-78.983	-36.801	-58.561	-32.169	-38.699	-75.933	-189.832	-471	-553	-158.663	-371.271	-635	-921	-514	-916	-56	-57	-17.041	-19.598	-2.103	-3.974	-821.955	-1.223.113		
		Carahuacra	-255.659	-268.652	-182.988	-188.457	-54.880	-76.832	-36.135	-57.817	-32.954	-39.644	-67.266	-168.165	-469	-551	-155.591	-364.083	-642	-930	-522	-930	-51	-52	-17.415	-20.028	-2.062	-3.897	-806.614	-1.190.037		
		San Cristóbal / Mahr Túnel	-265.536	-278.812	-178.948	-184.317	-49.299	-69.019	-41.196	-65.913	-38.657	-46.505	-67.784	-169.461	-466	-548	-154.506	-361.543	-634	-919	-516	-919	-7	-7	-49.782	-57.250	-2.047	-3.870	-849.379	-1.238.083		
	Dee Run Perú SRL	Complejo Metalúrgico La Oroya	-273.525	-287.201	-180.734	-186.156	-53.079	-75.151	-37.465	-59.943	-30.530	-36.728	-74.180	-165.449	-464	-545	-149.257	-349.262	-626	-908	-521	-928	-640.579	-656.594	-17.316	-19.914	-2.073	-3.918	-1.480.949	-1.862.696		
La Libertad	Pan American Silver S.A. - Mina Quiruvilca	Quiruvilca	-265.294	-278.559	-181.037	-186.468	-50.999	-69.979	-36.222	-57.956	-32.367	-38.938	-68.381	-170.953	-474	-557	-154.958	-362.603	-666	-965	-4.018	-7.151	-1	-1	-17.113	-19.680	-23.843	-45.063	-835.372	-1.218.871		
	Compañía Minera San Simón S.A.	La Virgen	-264.929	-255.656	-180.719	-186.140	-51.037	-71.452	-36.308	-35.858	-32.225	-38.767	-66.915	-167.287	-471	-554	-153.713	-359.690	-10.201	-14.791	-9.859	-17.549	-9	-10	-17.118	-19.685	-2.294	-4.335	-825.797	-1.171.772		
	Compañía Minera Aurifera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	-265.155	-278.413	-181.138	-186.572	-49.692	-69.555	-36.455	-58.328	-32.027	-38.528	-67.712	-169.280	-472	-555	-154.853	-362.356	-1.664	-2.412	-524	-933	-50	-51	-17.103	-19.669	-46.310	-87.526	-853.146	-1.274.179		
Lima	Empresa Minera Los Quenales S.A.	Casapalca	-253.807	-266.497	-180.770	-186.193	-49.932	-69.905	-35.692	-57.107	-31.526	-37.926	-67.102	-167.754	-471	-554	-151.188	-353.779	-616	-893	-518	-922	-75	-77	-17.601	-20.241	-2.004	-3.787	-791.301	-1.165.635		
	Compañía Minera Casapalca S.A.	Americana	-266.334	-279.650	-182.180	-187.645	-55.100	-77.140	-41.004	-65.607	-28.652	-34.468	-68.264	-170.660	-472	-555	-155.277	-363.348	-603	-874	-518	-923	-44	-45	-17.162	-19.736	-2.058	-3.889	-817.668	-1.204.540		
	Votoranin Metales - Cajamarquilla S.A	Refinería Cajamarquilla	-261.496	-274.571	-179.680	-185.070	-53.454	-74.835	-37.265	-59.624	-31.967	-110.636	-69.227	-173.068	-476	-559	-159.727	-373.782	-646	-937	-532	-947	-238	-244	-15.904	-19.290	-2.117	-4.001	-872.729	-1.276.544		
Pasco	Chancadora Centauro S.A.C.	Quicay	-261.057	-274.109	-181.453	-186.897	-51.405	-71.968	-36.050	-57.681	-32.243	-38.789	-67.389	-168.473	-472	-555	-155.240	-363.261	-622	-902	-515	-916	-8	-8	-18.624	-21.417	-2.050	-3.874	-807.128	-1.188.850		
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	-259.618	-272.599	-234.949	-241.988	-45.322	-63.451	-35.542	-56.867	-36.797	-44.267	-67.171	-167.927	-472	-555	-151.391	-354.255	-647	-938	-518	-923	-27	-28	-67.505	-77.631	-2.012	-3.802	-901.972	-1.285.240		
	Sociedad Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	-257.175	-270.034	-184.011	-189.531	-86.449	-121.029	-84.136	-134.618	-32.657	-39.286	-67.631	-169.078	-471	-554	-154.419	-361.342	-620	-899	-545	-970	-17	-17	-19.664	-22.613	-2.076	-3.923	-889.872	-1.313.895		
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Anónim	-279.146	-293.103	-167.002	-172.012	-47.842	-66.979	-36.134	-57.815	-33.413	-40.196	-60.372	-150.929	-472	-555	-153.324	-358.779	-752	-1.091	-491	-874	-36	-37	-34.548	-39.730	-2.117	-4.002	-815.649	-1.186.100		
Pan American Silver S.A.		Huanc	-269.489	-282.963	-181.329	-186.769	-51.367	-71.914	-25.696	-41.114	-31.831	-38.293	-67.278	-168.195	-469	-551	-155.077	-362.879	-3.074	-4.457	-520	-925	-9	-10	-18.174	-20.900	-2.035	-3.847	-806.348	-1.182.817		
TOTAL			-8.425.930	-8.824.708	-5.132.671	-5.275.242	-1.549.244	-2.147.523	-1.059.837	-1.673.505	-968.972	-1.158.059	-1.923.718	-4.899.295	-31.157	-36.507	-4.301.659	-10.055.882	-35.908	-51.768	-27.407	-48.369	-642.219	-845.501	-972.326	-446.729	-841.821	-25.390.953	-36.563.277			
Media			-300.926.1	-315.168.1	-183.309.7	-188.401.5	-55.330.2	-76.697.2	-37.851.3	-59.760.6	-34.606.1	-41.359.2	-68.704.2	-171.760.5	-1.112.8	-1.303.8	-153.630.7	-359.495.8	-1.282.4	-1.848.8	-978.8	-1.727.5	-22.936.4	-23.509.8	-30.196.5	-34.725.9	-15.954.6	-30.065.0	-906.819.7	-1.305.831.9		
Desv. Std			196.626.7	208.752.6	119.746.6	12.597.6	19.143.1	27.261.3	9.551.3	15.976.6	11.379.5	13.821.9	4.555.4	11.388.6	3.388.6	3.992.3	7.203.2	16.855.5	2.033.4	2.862.5	1.861.6	3.318.3	121.046.7	124.072.9	49.865.3	57.345.1	50.754.5	95.952.1	325.974.6	388.272.1		
Max			-246.579.9	-255.656.1	-167.001.7	-172.011.7	-34.128.4	-47.779.8	-25.696.5	-35.857.7	-28.651.9	-31.233.6	-60.371.8	-150.929.4	-463.5	-450.8	-118.887.3	-278.196.4	-602.7	-619.7	-471.0	-506.8	-0.6	-0.6	-15.904.4	-18.290.0	-1.950.9	-2.028.7	-791.300.6	-1.165.634.6		
Min			-1.313.924.5																													

**Tabla 16. Precios sombra de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología no paramétrica y paramétrica para el año 2009 (US\$ / Unidad de contaminación)**

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIOS SOMBRA																						Total							
			Potencial de Hidrógeno (PH) US\$ / niveles		Sólidos Total Suspendidos (STS) US\$ / mg/l		Plomo (PB) US\$ / mg/l		Cobre (CU) US\$ / mg/l		Zinc (ZN) US\$ / mg/l		Arsénico (AS) US\$ / mg/l		Cadmio (CD) US\$ / mg/l		Mercurio (HG) US\$ / mg/l		Cromo (CR) US\$ / mg/l		Níquel (NI) US\$ / mg/l		Selenio (SE) US\$ / mg/l		Hierro (FE) US\$ / mg/l		Cianuro total (CN) US\$ / mg/l					
			NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P		
Arequipa	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	El Recuerdo	-218.530	-244.753	-107.184	-109.864	-83.258	-87.838	-239	-311	-1.363	-1.421	-51.223	-51.940	0	0	-3.710	-4.564	-24.395	-31.103	-17.463	-21.069	-13.275	-17.258	-2.615	-3.051	-34.555	-43.781	-587.811	-610.954		
		Santa Luisa (Huancala)	-213.546	-239.172	-105.569	-108.208	-86.489	-91.246	-234	-304	-1.355	-1.413	-51.852	-52.576	-3	-3	-3.642	-4.479	-23.992	-30.590	-15.964	-19.260	-13.129	-17.067	-2.985	-3.483	-30.685	-38.878	-559.444	-608.882		
		Berlin	-217.854	-243.696	-107.284	-109.977	-83.729	-88.545	-241	-313	-1.351	-1.409	-51.104	-51.820	-2	-2	-3.698	-4.533	-23.925	-29.491	-17.880	-20.824	-13.267	-17.858	-3.080	-3.626	-34.872	-44.182	-597.716	-604.015		
		Pucallpa	-217.486	-243.585	-107.215	-110.001	-83.636	-89.225	-237	-308	-1.342	-1.400	-51.325	-52.044	0	0	-3.699	-4.550	-23.860	-30.421	-17.227	-20.785	-13.296	-17.285	-2.547	-2.972	-34.884	-44.198	-596.849	-615.775		
		Contonga	-218.476	-244.693	-107.061	-109.738	-83.129	-87.701	-223	-290	-1.319	-1.375	-51.216	-49.174	-2	-2	-3.704	-4.556	-23.966	-30.557	-17.568	-21.195	-13.287	-17.273	-2.624	-3.062	-35.862	-45.437	-598.435	-615.053		
Arequipa	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	-861.042	-864.367	-88.042	-90.243	-153.106	-161.527	-524	-681	-1.125	-1.173	-82.281	-83.433	-30	-31	-7.978	-9.814	-163.006	-207.833	-210.445	-253.902	-75.810	-88.553	-3.362	-3.924	-65.725	-121.284	-1.742.477	-1.986.794		
		San Cristóbal	-224.203	-251.107	-108.048	-110.750	-85.876	-90.599	-237	-308	-1.366	-1.424	-50.243	-50.946	-1	-1	-3.985	-4.901	-23.749	-30.280	-17.409	-21.004	-13.086	-17.012	-2.720	-3.174	-34.748	-44.026	-565.689	-625.531		
		Gulimia S.A.C.	-217.611	-243.725	-107.940	-109.716	-83.794	-88.403	-237	-308	-1.369	-1.428	-51.344	-51.961	-1	-1	-3.801	-4.676	-23.987	-30.073	-18.249	-22.017	-13.203	-17.164	-2.605	-3.040	-34.577	-43.809	-557.317	-616.319		
		Ga. Minera Arez S.A.C.	-221.034	-247.558	-108.177	-111.907	-82.401	-86.933	-217	-282	-1.361	-1.420	-53.789	-54.541	-1	-1	-4.255	-5.234	-23.745	-30.274	-16.502	-19.909	-14.170	-18.421	-2.909	-3.394	-38.920	-49.991	-628.478	-679.885		
		Arez	-220.269	-246.700	-108.077	-110.779	-82.174	-86.694	-238	-309	-1.369	-1.427	-50.128	-50.829	-1	-1	-3.689	-4.598	-23.674	-30.440	-17.851	-21.537	-13.253	-17.229	-2.710	-3.163	-36.434	-44.895	-599.086	-619.542		
Cajamarca	Ga. Minera Yanacocha S.R.L.	Ortopampa	-239.596	-268.347	-102.584	-105.148	-77.196	-81.442	-226	-294	-1.346	-1.404	-51.111	-51.826	-3	-3	-3.727	-4.584	-20.959	-26.722	-63.032	-63.983	-12.641	-16.433	-1.930	-2.252	-35.062	-44.423	-699.411	-696.862		
		Chapuloma Sur	-244.870	-274.255	-108.123	-110.826	-148.848	-157.035	-2.428	-3.156	-1.451	-1.514	-674.436	-683.878	-15	-15	-7.216	-8.876	-101.279	-129.130	-18.704	-22.566	-146.092	-189.919	-2.822	-3.294	-37.478	-47.485	-1.493.762	-1.631.940		
Huancaavelica	Ga. Minera Cadabazo S.A.	Huachocolpa Uno	-217.909	-244.058	-107.247	-109.938	-83.697	-88.089	-239	-310	-1.695	-1.768	-50.882	-51.391	-17	-17	-3.695	-4.545	-23.138	-29.501	-16.411	-19.800	-13.912	-18.085	-2.631	-3.070	-34.694	-43.957	-555.785	-614.520		
		Recuperada	-217.989	-243.483	-107.368	-110.073	-83.561	-81.938	-237	-308	-1.372	-1.431	-51.583	-52.305	0	0	-3.704	-4.556	-23.882	-30.186	-17.430	-21.029	-12.912	-16.785	-2.630	-3.069	-34.852	-44.157	-559.747	-610.329		
		Salvatierra	-215.729	-241.016	-107.200	-109.880	-83.361	-88.051	-233	-303	-1.369	-1.428	-51.555	-51.973	0	0	-3.674	-4.519	-23.943	-29.380	-16.358	-22.148	-14.198	-18.444	-2.541	-2.985	-34.975	-44.373	-556.705	-615.022		
		Castrovireya Ga. Minera S.A.	-216.347	-242.309	-106.814	-108.495	-83.513	-88.106	-231	-300	-1.341	-1.398	-51.200	-51.917	-4	-5	-3.683	-4.530	-23.635	-30.134	-18.116	-21.657	-12.697	-16.506	-2.594	-3.027	-34.847	-44.151	-559.027	-613.724		
		Andahuayal	-217.302	-243.378	-108.113	-110.816	-84.589	-89.219	-224	-291	-1.378	-1.437	-52.488	-53.233	0	0	-3.769	-4.636	-22.488	-28.672	-15.322	-18.486	-10.902	-13.783	-2.742	-3.200	-31.982	-40.521	-590.087	-607.672		
Junín	Volcan Ga. Minera S.A.A.	San Cristóbal (Water Tunnel)	-220.652	-247.130	-99.254	-107.735	-78.537	-82.857	-4.441	-5.773	-3.923	-4.091	-50.615	-51.322	-21	-21	-3.700	-4.561	-23.613	-30.107	-17.708	-21.365	-11.477	-14.920	-67.099	-68.634	-35.139	-44.522	-69.175	-673.030		
		Corbalan	-218.598	-244.830	-104.789	-107.489	-85.518	-90.222	-384	-543	-1.589	-1.657	-51.169	-51.886	-1	-1	-3.706	-4.559	-23.718	-30.241	-16.760	-20.221	-13.245	-17.219	-4.615	-5.386	-34.882	-44.198	-598.854	-615.167		
La Libertad	Pan American Silver S.A.	Quiruvilca	-217.803	-244.052	-107.290	-109.973	-82.020	-86.531	-256	-333	-1.397	-1.457	-51.999	-52.727	-4	-4	-3.723	-4.579	-23.120	-29.479	-16.692	-20.139	-11.951	-15.537	-2.466	-2.878	-37.190	-47.119	-556.012	-614.867		
		Ga. Minera San Simón S.A.	-217.440	-243.533	-104.901	-107.524	-84.061	-88.684	-2.791	-3.628	-1.451	-1.514	-49.437	-50.129	-3	-3	-3.636	-4.472	-20.908	-26.658	-17.777	-21.448	-13.374	-17.386	-4.075	-4.756	-34.907	-44.227	-584.675	-613.871		
		Ga. Minera Aurifera Santa Rosa S.A.	-218.577	-244.806	-105.332	-107.966	-81.245	-85.713	-749	-973	-1.366	-1.424	-50.719	-51.429	-2	-2	-19.932	-24.517	-26.542	-33.841	-29.265	-35.308	-10.660	-13.858	-1.965	-2.293	-32.742	-41.484	-579.095	-643.615		
		Concepción Horizonte S.A.	-223.011	-249.773	-107.307	-109.969	-82.414	-86.946	-235	-306	-1.369	-1.428	-55.125	-55.617	-2	-2	-3.848	-4.733	-16.594	-21.157	-16.312	-19.681	-14.317	-18.612	-2.785	-3.250	-35.545	-46.302	-539.893	-597.795		
		Ga. Aurifera Real Aventura	-217.716	-243.842	-107.416	-110.102	-83.037	-87.604	-237	-308	-1.377	-1.437	-51.197	-51.914	0	0	-3.684	-4.532	-23.834	-30.388	-17.222	-20.776	-13.274	-17.256	-2.622	-3.060	-34.910	-44.231	-556.528	-615.462		
Lima	Compañía Minera Casapalca SA	Unidad La Libertad (Pitac)	-217.959	-243.861	-107.387	-104.192	-83.474	-88.065	-237	-303	-1.369	-1.399	-51.287	-52.015	0	0	-3.726	-4.644	-23.818	-30.368	-17.284	-18.466	-13.296	-17.284	-2.630	-3.069	-34.882	-44.866	-599.359	-598.773		
		Unidad Trujillo (Vilca)	-216.707	-242.712	-107.727	-110.421	-82.879	-87.438	-237	-308	-1.374	-1.434	-51.334	-52.053	-1	-1	-7.205	-8.862	-23.061	-29.402	-17.387	-20.977	-11.808	-15.351	-2.611	-3.047	-32.363	-41.004	-554.694	-611.008		
		Volcan Compañía Minera SAA	-215.619	-241.493	-107.429	-110.115	-82.261	-86.786	-234	-304	-1.341	-1.398	-51.920	-52.647	-1	-1	-3.585	-4.409	-23.188	-29.565	-17.052	-20.573	-13.797	-17.537	-2.622	-3.060	-33.122	-41.965	-562.171	-610.253		
		Compañía Minera Casapalca SA	-217.962	-244.116	-108.315	-108.972	-83.387	-87.974	-240	-312	-1.369	-1.428	-51.112	-51.827	0	0	-3.708	-4.561	-23.986	-30.582	-17.362	-20.947	-13.915	-18.089	-2.644	-3.085	-34.830	-44.141	-596.429	-607.759		
		Empresa Minera Los Quenuales SA	-218.626	-244.863	-107.547	-110.236	-84.214	-88.846	-54.884	-71.349	-9.101	-9.492	-51.176	-51.892	0	0	-3.680	-4.526	-23.805	-30.352	-17.548	-21.171	-12.005	-15.806	-2.837	-3.077	-35.470	-44.941	-620.696	-696.353		
Pasco	Hectorán Metalco Cajamarquilla SA	Cajamarquilla	-217.197	-243.260	-107.686	-110.378	-83.797	-88.406	-238	-310	-1.374	-1.434	-51.334	-52.053	-1	-1	-3.726	-4.644	-23.818	-30.368	-17.284	-18.466	-13.296	-17.284	-2.630	-3.069	-34.882	-44.866	-599.359	-598.773		
		Volcan Compañía Minera S.A.A.	-217.440	-243.543	-95.847	-98.243	-85.952	-90.680	-482	-1.146	-1.800	-1.877	-49.793	-50.490	-13	-13	-3.556	-4.374	-28.480	-36.313	-17.141	-20.681	-33.241	-43.213	-38.532	-44.967	-40.497	-51.309	-613.182	-688.848		
		Compañía Minera Chancadora Centauro S.A.	-217.670	-243.790	-106.815	-109.485	-84.941	-89.612	-236	-307	-1.370	-1.429	-51.330	-52.048	0	0	-3.544	-4.359	-22.925	-29.229	-17.148	-20.689	-11.367	-14.777	-2.645	-3.087	-31.687	-40.147	-551.878	-608.962		

### **6.3.2. Cálculo del costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos**

En esta sección se calculará el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para los años 2008 y 2009. Para ello, los precios sombra estimados para cada unidad minera según cada uno de los 13 parámetros de contaminación fueron multiplicados por su valor promedio anual respectivo, es decir por monto de contaminación que se generó producto de sus actividades productivas mineras en los años 2008 y 2009.

#### Análisis de los resultados para el año 2008

En el año 2008, el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para el conjunto de 28 unidades productivas mineras ascendió a US\$ 800.9 millones y US\$ 828.5 millones para el caso de metodologías no paramétricas y paramétricas, respectivamente. Cabe indicar que este costo económico representa el costo de contar con recursos hídricos libre de contaminantes, por lo que éste debiera ser asumido por las empresas mineras, en el caso que alguna emisión de miligramos no fuera permitida.

El análisis según unidad productiva minera muestra que el costo económico se concentró en 3 unidades productivas mineras: el Complejo Metalúrgico La Oroya de la empresa Doe Run Perú (34.8%), San Cristóbal/Mahr Túnel de la empresa Volcan (15.7%) y La Virgen de la compañía Minera San Simón (9.4%), las cuales en conjunto explicaron el 59.9% del costo económico promedio para el 2008, estimado mediante metodologías no paramétricas como paramétricas. Al respecto cabe indicar que estas 3 unidades mineras explicaron un elevado monto del costo de la contaminación minera aún cuando sus correspondientes precios sombra no fueron elevados (explicaron en conjunto el 12.0% del monto del precio sombra total) y sus ingresos tampoco lo fueron (explicaron el 18.4% de la producción total de minerales, donde el Complejo Metalúrgico La Oroya (que posee el costo económico más elevado) explicó el 14.7%. Este hecho indica que los responsables del costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos son en mayor medida empresas mineras con escala productiva media/baja, dado que las 10 unidades mineras más contaminantes (sin considerar al Complejo Metalúrgico La Oroya) explicaron el 18.1% de la producción total de minerales.

El análisis según tipo de contaminante indica que los sólidos total suspendidos (55.5%) y el selenio (34.4%), explicaron en conjunto el 89.9% del costo total de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el 2008. Este hecho indica que por ambos parámetros de contaminación se contaminó más en dicho año. Por el contrario, los contaminantes, plomo (con 0.008%), mercurio (con 0.002%) y cianuro total (con 0.004%) en conjunto solo explicaron, en promedio, un porcentaje reducido de la contaminación ambiental minera, 0.005%, lo cual indica que en el 2008, el costo de la contaminación la contaminación de los recursos hídricos por estos contaminantes no fue significativa.

### Análisis de los resultados para el año 2009

En el año 2009, el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para las 37 unidades productivas mineras bajo estudio ascendió a US\$ 438.6 millones y US\$ 459.0 millones para el caso de metodologías no paramétricas y paramétricas, respectivamente. En el 2009, dicho costo económico fue explicado en más del 50.0% (52.6%) por las unidades mineras Cajamarquilla de la empresa Votorantim Metais- Cajamarquilla S.A (20.6%), Americana de la empresa de la Compañía Minera Casapalca S.A (19.5%) y Carahuacra de la empresa Volcan (12.6%), y al igual que en el 2008, éste se concentró en unidades mineras con escala productiva media/baja (las cuales en conjunto representaron 4.8% del total de la producción de minerales en el 2008), lo cual confirma que el costo de la contaminación minera no se concentra en las empresas que más minerales produjeron en el país.

Al igual que en el 2008, en el 2009 los sólidos total suspendidos explicaron un elevando porcentaje del costo total de la contaminación minera, ascendiendo en promedio al 47.3%, tanto para las metodologías no paramétricas como paramétricas. Además, a diferencia del 2008, en el cual el selenio fue el segundo parámetro más contaminante, en el 2009 solo explicó, en promedio, el 0.005% del costo económico total. Cabe indicar que el potencial de hidrógeno y el cadmio fueron luego de los sólidos total suspendidos, los parámetros más contaminantes, explicando en promedio el 15.3% y el 19.6%, respectivamente. Así, puede señalarse que en el 2009, la contaminación de los recursos hídricos se encuentra altamente concentrada en 3 contaminantes, los sólidos total suspendidos, el potencial de hidrógeno y el cadmio, los cuales como se verá más adelante (en el capítulo 8), coinciden con los parámetros que, en promedio, exceden mayormente los valores promedio anuales de los LMP regulados en la normativa en dicho año.

De los resultados encontrados para los costos económicos en el 2008 y 2009 pueden extraerse 4 conclusiones:

- (i) El costo económico de la contaminación ambiental minera se encuentra altamente concentrado en pocas unidades productivas, y es mayor en unidades mineras que concentran un porcentaje relativamente bajo de la producción de minerales. Además, cabe indicar que ninguna de las 3 unidades mineras más contaminantes en el 2008 y 2009 se repitieron en los 2 años analizados. Sin embargo merece señalar que en el 2008 y en el 2009, las unidades mineras San Cristóbal/Mahr Túnel y Carahuacra ambas pertenecientes a la empresa Volcan Cía. Minera S.A. se ubicaron entre las tres unidades mineras más contaminantes.
- (ii) El costo económico de la contaminación minera está concentrado en pocos parámetros de contaminación. Tanto en el 2008 como en el 2009, los sólidos total suspendidos resultó ser el parámetro de contaminación más contaminante, representando en promedio para ambos años, el 51.4% del

costo económico. Adicional a este parámetro, el potencial de hidrógeno (8.3%) y el selenio (34.4%) en el 2008; y el potencial de hidrógeno (15.6%), el cadmio (19.6%) y el zinc (14.1%) en el 2009, resultaron ser contaminantes que explicaron un elevado porcentaje del costo económico de la contaminación minera en los años estudiados.

- (iii) El costo económico promedio fue mayor cuando se aplicó una metodología paramétrica que en el caso de metodologías no paramétricas tanto para el 2008 como para el 2009. Este hecho estaría indicando que cuando se establece una función de producción a la referencia tecnológica (método paramétrico) se imponen mayores costos marginales por unidad de contaminación.
- (iv) El costo económico fue mayor en el año 2008 (US\$ 814.7 millones) que en el 2009 (US\$ 448.8 millones), aun cuando en éste año se evaluaron un mayor número de unidades mineras (37) respecto al año 2008 (28). Ello se debe a dos razones. La primera a que en el 2009, las 10 unidades mineras con mayor costo económico concentraron un monto menor de la producción, en promedio 17.4%, en comparación al 32.4% que tuvieron las 10 unidades mineras con mayor costo económico en el 2008, por lo que un mayor ingreso explica un mayor costo económico. La segunda razón, se refiere al hecho que en el 2009, el Complejo Metalúrgico La Oroya perteneciente a la empresa Doe Run Perú SRL no fue evaluado<sup>44</sup>, y considerando que esta unidad productiva explicó en el 2008 el 34.9% del costo económico de la contaminación minera, de haber seguido mantenido este comportamiento ambiental, podría haber incrementado el costo de la contaminación sobre los recursos hídricos en el 2009.

---

<sup>44</sup> Esta unidad minera no fue evaluada por el OSINERGMIN en el marco de la Campaña Nacional de Monitoreo Ambiental de Efluentes y Recursos Hídricos 2008-2009.

**Tabla 17. Costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología no paramétrica y paramétrica para el año 2008 (En US\$)**

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			COSTO ECONOMICO																												Total	
			Potencial de Hidrogeno (PH)		Sólidos Total Suspendedos (STS)		Plomo (PB)		Cobre (CU)		Zinc (ZN)		Arsénico (AS)		Cadmio (CD)		Mercurio (HG)		Cromo (CR)		Níquel (NI)		Selenio (SE)		Hierro (FE)		Cianuro total (CN)					
			NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P		
Ancash	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	-10,426,557	-10,947,885	-611,524	-629,870	-544	-762	-190	-305	-773	-930	-411	-1,028	0	0	-28	-65	-58	-84	-2	-4	-8	-8	-99,328	-114,227	-1,801	-3,403	-11,141,225	-11,698,571		
	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	Santa Luisa	-2,020,935	-2,121,981	-43,791,600	-45,105,348	-95	-133	-2,119	-3,390	-13,713	-16,497	-1,122	-2,804	-1	-2	-31	-73	-5	-8	-9	-16	0	0	-21,254	-24,442	-194	-367	-45,851,078	-47,275,061		
	Minera Huallanca S.A.	Contonga	-2,217,324	-2,328,190	-9,930,053	-10,227,955	-3,364	-4,710	-351	-561	-361,147	-434,460	-220	-549	-15	-18	-31	-72	-4	-6	-8	-15	0	0	-6,434	-7,399	-11	-21	-12,518,963	-13,003,957		
		Pucarrájo	-1,891,121	-1,995,677	-2,276,111	-2,344,394	-378	-530	-3,972	-6,356	-43,639	-52,461	-480	-1,200	-3	-4	-131	-306	-4	-6	-7	-12	0	0	-9,404	-10,814	-227	-428	-4,225,447	-4,402,169		
Arequipa	Minera Bataes S.A.C.	San Cristóbal	-2,082,876	-2,187,020	-1,489,964	-1,534,663	-613	-858	-205	-328	-2,860	-3,440	-2,032	-5,080	0	-1	-93	-217	-1	-2	-1	-2	0	0	-10,413	-11,975	-1,788	-3,379	-3,590,846	-3,746,965		
	Cedimin S.A.C.	Chaquele	-2,147,520	-2,254,866	-1,224,522	-1,261,257	-522	-730	-181	-290	-1,269	-1,526	-674	-1,685	0	-1	-94	-219	-2	-2	-1	-2	0	0	-930	-1,070	-11	-21	-3,375,726	-3,521,699		
	Compañía Minera Ares S.A.C.	Ares	-2,197,024	-2,306,875	-10,554,768	-10,871,411	-1,567	-2,194	-770	-1,232	-732	-880	-1,568	-3,919	-1	-1	-93	-217	-1	-2	-1	-2	0	0	-1,864	-2,143	-1,022	-1,931	-12,759,410	-13,190,808		
		Arcata	-2,108,815	-2,214,255	-32,851,702	-33,837,253	-489	-684	-109	-174	-1,122	-1,350	-1,455	-3,637	0	-1	-93	-219	-1	-2	-1	-2	-1	-1	-1,164	-1,338	-18	-33	-34,964,971	-36,058,951		
Huancaavelica	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Orcopampa	-1,909,179	-2,004,638	-1,325,020	-1,364,770	-631	-884	-301	-481	-2,452	-2,950	-621	-1,554	-1	-1	-97	-227	-1	-2	-7	-12	-2	-2	-1,482	-1,704	-92	-174	-3,239,887	-3,377,400		
	Castrovireyna Compañía Minera S.A.	San Genaro	-2,174,049	-2,282,751	-19,550,393	-20,136,904	-8,886	-12,440	-23,951	-38,322	-79,189	-95,264	-34,807	-87,018	-15	-17	-186	-434	-3	-4	-10	-18	0	0	-194,526	-223,704	0	0	-22,066,014	-22,876,878		
	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Julcani	-2,134,268	-2,240,982	-2,209,773	-2,136,850	-2,497	-3,496	-132,516	-212,025	-2,647	-2,560	-865	-2,163	-1	-1	-93	-217	-1	-2	-2	-2	0	0	-2,372	-2,728	0	0	-4,485,036	-4,601,028		
		Recuperada	-1,904,718	-1,999,953	-2,386,341	-2,457,931	-514	-720	-127	-203	-4,580	-5,510	-4,130	-10,326	-1	-1	-93	-217	-1	-2	-1	-2	0	0	-1,466	-1,686	0	0	-4,301,973	-4,476,553		
Junín	Compañía Minera Caudalosa S.A.	Huachocolpa Uno	-2,662,399	-2,795,519	-15,214,401	-15,670,833	-1,838	-2,573	-2,561	-4,082	-594,620	-715,328	-1,983	-4,959	-3,505,618	-4,119,101	-93	-217	-1	-1	-21	-38	0	0	-4,303	-4,949	0	0	-21,987,830	-23,317,601		
		Andaychagua	-2,208,129	-2,318,535	-2,357,414	-2,428,136	-639	-895	-268	-428	-1,401	-1,686	-11,768	-29,420	-1	-1	-95	-223	-1	-2	-2	-3	-1	-1	-1,107	-1,273	0	0	-4,980,927	-4,780,604		
	Volcan Compañía Minera SAA	Carahuacra	-2,136,250	-2,243,062	-3,937,402	-4,055,524	-727	-1,018	-260	-416	-9,622	-11,575	-888	-2,220	-1	-1	-93	-218	-1	-2	-3	-5	-2	-2	-2,300	-2,645	0	0	-6,087,549	-6,316,689		
		San Cristóbal / Mehr Túnel	-1,645,013	-1,727,263	-121,171,732	-124,806,884	-6,424	-8,993	-80,344	-128,550	-1,490,394	-1,793,594	-1,161	-2,903	-20	-24	-93	-217	-1	-2	-28	-50	0	0	-1,293,047	-1,487,004	0	0	-125,688,797	-129,955,485		
La Libertad	Doe Run Perú SRL	Complejo Metalurgico La Cruz	-2,327,698	-2,444,082	-1,272,367	-1,310,538	-1,419	-1,986	-3,713	-5,941	-43,306	-52,097	-16,515	-41,287	-8	-9	-248	-580	-1	-2	-4	-6	-276,397,315	-283,307,248	-874	-1,005	0	0	-280,063,467	-287,164,783		
	Pan American Silver S.A. - Mina Quiruvilca	Quiruvilca	-1,862,713	-1,955,849	-10,168,834	-10,473,899	-31	-30	-818	-1,309	-35,245	-42,400	-6,388	-15,969	-5	-6	-417	-976	-123	-178	-44,009	-78,336	0	0	-274	-315	-6,334	-11,971	-12,125,191	-12,581,238		
	Compañía Minera San Simón S.A.	La Virgen	-1,482,349	-1,430,467	-70,369,617	-72,470,406	-476	-666	-1,076	-1,063	-43,572	-52,417	-165,862	-414,656	-11	-13	-8,108	-18,974	-669,056	-970,131	-2,053,142	-3,654,593	-4	-4	-1,318	-1,516	-454	-858	-74,785,045	-79,015,762		
	Compañía Minera Aurifera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	-1,369,723	-1,438,209	-5,595,145	-5,763,000	-5,292	-7,409	-729	-1,167	-7,156	-8,609	-677	-1,693	-4	-5	-310	-725	-837	-1,214	-136	-243	-5	-5	-216	-248	-8,709	-16,460	-6,988,940	-7,238,985		
Lima	Empresa Minera Los Quenuales S.A.	Casapalca	-1,966,677	-2,065,011	-5,393,608	-5,555,416	-1,314	-1,840	-2,004	-3,207	-9,887	-11,894	-1,378	-3,444	-1	-1	-91	-212	-2	-3	-2	-3	-3	-3	-1,007	-1,158	0	0	-7,375,973	-7,642,192		
	Compañía Minera Casapalca S.A.	Americana	-2,223,591	-2,334,770	-2,133,526	-2,197,531	-1,130	-1,581	-7,470	-11,951	-38,429	-46,231	-629	-2,072	-1	-1	-93	-218	-5	-8	-1	-2	-1	-1	-1,442	-1,658	0	0	-4,406,519	-4,596,027		
	Votorantim Metais - Cajamarquilla S.A	Refinería Cajamarquilla	-1,976,040	-2,074,842	-3,026,317	-3,117,106	-267	-374	-1,861	-2,978	-597,255	-718,498	-1,457	-3,644	-11	-13	-96	-224	-2	-2	-4	-8	-19	-20	-2,335	-2,686	0	0	-5,805,566	-6,020,396		
Pasco	Chancadora Centauro S.A.C.	Quicay	-1,959,615	-2,057,596	-2,924,792	-3,012,535	-139	-194	-1,444	-2,311	-1,999	-2,405	-391	-976	-1	-1	-32	-74	-4	-5	-4	-8	0	0	-15,577	-17,914	0	0	-4,903,997	-5,094,019		
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	-2,049,426	-2,151,887	-54,445,543	-56,078,910	-809	-1,132	-636	-1,018	-100,607	-121,031	-535	-1,337	-3	-3	-65	-151	-4	-6	-10	-17	0	0	-177,069	-203,630	0	0	-56,774,707	-58,559,132		
	Sociedad Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	-2,771,778	-2,910,365	-4,761,711	-4,904,563	-12,166	-17,032	-103,199	-165,119	-8,637	-11,593	-246	-615	0	0	-32	-74	-2	-3	-16	-28	0	0	-10,354	-11,907	0	0	-7,869,139	-8,021,300		
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animón	-2,160,996	-2,269,046	-10,453,806	-10,767,420	-274	-384	-259	-415	-6,305	-7,585	-2,955	-7,387	0	0	-31	-73	-24	-35	-5	-8	0	0	-35,250	-40,538	0	0	-12,659,906	-13,092,891		
TOTAL	Pan American Silver S.A.	Huaron	-2,182,672	-2,291,805	-4,472,791	-4,606,975	-440	-616	-13,807	-22,091	-27,904	-33,699	-876	-2,191	-1	-2	-31	-72	-1,556	-2,256	-21	-37	0	0	-19,029	-21,883	0	0	-6,719,128	-6,981,498		
			-66,199,451	-69,383,424	-445,890,776	-459,128,284	-53,484	-74,865	-385,233	-615,714	-3,531,972	-4,248,338	-262,295	-655,737	-3,505,726	-4,119,227	-10,968	-25,711	-671,706	-973,973	-2,097,460	-3,733,477	-276,397,363	-283,307,297	-1,916,139	-2,203,560	-20,663	-39,053	-800,943,256	-828,508,662		
	Media		2,364,266.1	2,477,979.4	15,924,670.6	16,397,438.7	1,910.2	2,673.8	13,758.3	21,989.8	126,141.9	151,726.4	9,367.7	23,419.2	125,204.5	147,115.3	392.4	918.3	23,989.5	34,784.8	74,909.3	133,336.5	9,671,334.4	10,118,117.8	66,430.5	76,698.6	738.0	1,394.8	26,605,116.3	29,589,595.1		
	Desv. Std		1,605,831.9	1,688,852.4	27,011,425.7	27,824,409.1	2,887.3	4,096.5	33,466.2	53,555.3	312,946.0	376,483.1	31,466.1	78,715.2	662,498.8	778,436.0	1,514.7	3,544.5	126,421.6	183,311.3	387,786.2	690,259.5	82,234,182.3	53,540,036.9	245,145.4	281,917.2	2,004.6	3,788.8	56,311,276.0	57,859,530.1		
Max		-1,369,723.1	-1,430,466.8	-611,524.3	-629,870.1	-30.6	-108.9	-174.2	-731.7	-880.2	-2,197	-549.2	-0.2	-0.3	-27.7	-64.9	-1.3	-1.4	-1.0	-1.6	0.0	0.0	-215.7	-248.0	-0.2	-0.2	-3,239,886.7	-3,377,400.0				
Min		-10,426,556.7	-10,947,884.6	-12,171,731.6	-12,480,883.6	-12,165.5	-17,031.7	-132,515.9	-212,025.4	-1,490,934.2	-1,793,593.9	-165,892.2	-414,655.6	-3,505,617.9	-4,119,101.1	-8,108.4	-18,973.6	-669,056.0	-970,131.2	-2,053,142.1	-3,654,592.9	-276,397,314.6	-283,307,247.5	-1,293,047.2	-1,487,004.3	-6,709.1	-16,460.1	-280,063,467.1	-287,164,782.9			

NP: No paramétrico  
P: Paramétrico

Elaboración propia

**Tabla 18. Costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología no paramétrica y paramétrica para el año 2009 (En US\$)**

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			COSTO ECONOMICO																												Total		
			Potencial de Hidrogeno (PH)		Solidos Total Suspendidos (STS)		Plomo (PB)		Cobre (CU)		Zinc (ZN)		Arsénico (AS)		Cadmio (CD)		Mercurio (HG)		Cromo (CR)		Niquel (NI)		Selenio (SE)		Hierro (FE)		Cianuro total (CN)						
NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P				
Arequipa	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	El Recuerdo	-1.719.433	-1.925.765	-2.838.322	-2.909.280	-1.094	-1.154	-3	-4	-653	-681	-133	-134	0	0	0	0	0	0	-160	-204	-79	-96	-20	-26	-109	-127	-534	-676	-4.960.539	-4.898.148	
		Santa Luisa (Huamala)	-1.631.651	-1.827.449	-2.426.913	-2.487.596	-891	-1.045	-1	-1	-499	-520	-387	-596	0	0	0	0	0	0	-22	-28	-243	-293	-17	-22	-2.678	-3.125	-1.302	-1.763	-4.094.891	-4.322.438	
		Berlin	-1.488.559	-1.667.186	-7.141.044	-7.319.970	-2.754	-2.905	-107	-139	-6.598	-6.862	-846	-8.534	0	0	0	0	0	0	-12	-11	-347	-419	-8	-8	-30.379	-35.452	-147	-187	-8.678.782	-8.041.693	
		Pucará	-1.531.261	-1.715.035	-1.283.956	-1.315.685	-533	-562	-2	-2	-3.277	-3.418	-848	-960	0	0	0	0	0	0	-26	-32	-178	-215	-8	-10	-2.456	-2.867	-153	-193	-2.822.356	-3.038.675	
		Contonga	-1.702.600	-1.906.912	-3.188.112	-3.267.814	-3.064	-3.233	-54	-70	-8.175	-8.526	-139	-133	0	0	0	0	0	0	-26	-33	-196	-237	-34	-44	-161	-188	-7.089	-8.981	-4.909.650	-5.186.173	
Arequipa	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	-6.640.033	-7.436.836	-497.068	-509.495	-640	-675	-1	-2	-33	-34	-566	-574	0	0	0	0	-1	-1	-257	-328	-1.245	-1.502	-125	-162	-50	-58	-399	-505	-7.140.416	-7.950.174	
		Misera Batuz S.A.C.	San Cristóbal	-1.822.685	-2.041.407	-1.182.831	-1.212.402	-2.609	-2.753	0	-1	-88	-92	-855	-967	0	0	0	0	-3	-3	-22	-28	-55	-67	-20	-26	-353	-412	-179	-227	-3.009.701	-3.259.265
		Cedinas S.A.C.	IEA Chacupele	-1.636.339	-1.836.061	-747.371	-766.055	-365	-385	-1	-1	-47	-49	-109	-111	0	0	0	0	-1	-2	-22	-27	-155	-187	-7	-9	-290	-339	-168	-212	-2.387.674	-2.603.438
		Cia. Minera Arco S.A.C.	Arco	-1.527.017	-1.710.259	-2.286.453	-2.343.615	-228	-241	-5	-7	-50	-52	-1.014	-1.028	0	0	0	0	-3	-4	-13	-17	-107	-129	-46	-59	-392	-457	-11.351	-14.382	-3.826.679	-4.070.249
		Arco	-1.812.396	-2.029.884	-575.512	-589.900	-538	-568	0	0	-17	-18	-1.116	-1.131	0	0	0	0	0	0	-26	-32	-37	-45	-5	-7	-136	-158	-103	-130	-2.369.886	-2.621.874	
Cajamarca	Cia. Minera Buenaventura S.A.A.	Orcopampa	-1.926.060	-2.157.187	-1.011.222	-1.036.503	-488	-515	-1	-1	-67	-70	-182	-184	0	0	0	0	0	0	-21	-27	-1.184	-1.429	-17	-23	-247	-288	-134	-169	-2.939.624	-3.196.367	
		Minera Yanacocha S.R.L.	Chapulima Sur	-1.824.439	-2.043.372	-636.722	-652.640	-6.167	-6.506	-308	-400	-223	-233	-387.801	-393.230	0	0	0	0	-7	-8	-1.013	-1.291	-100	-121	-4.722	-6.139	-90	-105	-623	-789	-2.862.215	-3.104.834
		Cia. Minera Oroyalisa S. A.	Huacocolpa Uno	-1.672.574	-1.873.283	-1.914.561	-1.962.425	-178	-188	-7	-8	-19.371	-20.204	-1.297	-1.315	-2	-2	-3	-4	-673	-658	-655	-790	-136	-177	-663	-773	-523	-663	-3.610.843	-3.880.691		
		Cia. de Minas Buenaventura S. A. A.	Mitari	-1.596.866	-1.788.450	-1.101.722	-1.129.265	-100	-98	-1	-1	-329	-343	-1.768	-1.793	0	0	0	0	-269	-330	-132	-159	-127	-164	-334	-390	-81	-103	-2.701.720	-2.921.138		
		Ostovireyes Cia. Minera S.A.	San Genaro	-1.710.204	-1.915.428	-4.791.486	-4.911.273	-1.008	-1.064	-23	-29	-5.811	-6.061	-63	-64	0	0	0	0	-71	-90	-459	-554	-124	-162	-570	-665	-126	-160	-6.509.947	-6.835.552		
Junin	Volcan Cia. Minera S.A.A.	Andaychaga	-1.800.506	-2.016.567	-1.519.584	-1.557.584	-277	-292	-1	-2	-82	-86	-408	-496	0	0	-1	-1	-70	-89	-84	-113	-104	-135	-472	-551	-379	-480	-3.326.488	-3.590.676			
		San Cristóbal/Matr. Tuel	-1.426.132	-1.600.627	-9.938.229	-10.186.685	-2.650	-2.796	-7.951	-10.336	-62.901	-65.605	-527	-534	-1	-1	-71	-90	-347	-418	-112	-146	-1.134.981	-1.324.534	-302	-382	-12.577.213	-13.182.157					
		Carahuacra	-1.553.448	-1.739.862	-53.994.761	-55.344.630	-7.207	-7.803	-10.426	-10.425	-41.954	-325	-330	-330	-330	0	0	0	0	-1	-1	-91	-969	-1.169	-139	-169	-57.835	-67.494	-20	-292	-65.653.312	-67.203.723	
		Pan American Silver S.A.	Quiruvaca	-1.479.417	-1.656.947	-19.774.006	-20.288.356	-2.461	-2.596	-22	-29	-2.717	-2.834	-2.330	-2.363	0	0	0	0	-2	-2	-231	-295	-161	-195	-277	-360	-3.604	-4.206	-2.303	-2.918	-21.267.532	-21.941.101
		Cia. Minera San Simón S.A.	La Virgen	-1.529.690	-1.741.253	-13.064.708	-13.391.326	-841	-887	-11.825	-15.373	-113	-118	-12.112	-12.282	0	0	-2	-2	-627	-800	-2.631	-3.174	-27	-35	-21.770	-25.406	-209	-265	-14.644.556	-15.162.920		
La Libertad	Cia. Minera Aurifería Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	-1.280.663	-1.411.942	-8.646.824	-8.862.995	-3.505	-3.698	-559	-726	-410	-427	-1.395	-1.414	0	0	-968	-1.191	-265	-338	-4.681	-5.647	-240	-312	-3.322	-3.877	-3.024	-3.831	-8.925.855	-10.286.399			
		Consortio Minero Horizonte S.A.	Acumulación Perayay	-1.847.194	-2.068.657	-900.641	-923.157	-1.442	-1.522	-1	-2	-27	-28	-6.420	-6.510	0	0	-2	-2	-166	-212	-66	-80	-138	-180	-267	-312	-452	-573	-2.756.817	-3.001.433		
		Cia. Aurifera Real Aventura	Colabellus	-1.671.457	-1.872.031	-2.064.780	-2.116.400	-3.342	-3.526	-3	-4	-1.286	-1.342	-2.120	-2.149	0	0	0	0	-2	-2	-238	-304	-66	-79	-27	-35	-253	-296	-175	-221	-3.743.749	-3.996.369
		Cia. Minera Poderosa S.A.	Unidad La Libertad (Potos)	-1.751.701	-1.718.769	-3.044.611	-2.954.033	-2.701	-2.850	-1	-1	-401	-389	-18.125	-18.379	0	0	-1.692	-2.081	-238	-304	-35	-33	-343	-447	-126	-147	-218	-218	-4.820.193	-4.697.651		
		Unidad Trujillo (Vijos)	-1.626.988	-1.822.227	-6.662.340	-6.828.989	-1.589	-1.676	-1	-2	-320	-334	-8.634	-8.755	0	0	-204	-261	-281	-294	-50	-61	-316	-411	-591	-690	-7.141	-9.047	-8.308.405	-8.672.645			
Lima	Volcan Compañía Minera SAA	Ticlio	-1.636.469	-1.831.725	-537.144	-550.573	-823	-868	-1	-2	-780	-813	-1.038	-1.053	0	0	-2	-2	-232	-296	-68	-82	-276	-369	-131	-153	-1.275	-1.616	-2.177.229	-2.387.540			
		Compañía Minera Casapaca SA	Americana	-1.679.902	-1.881.491	-25.993.928	-26.643.776	-1.668	-1.759	-4	-6	-58.078.648	-60.576.030	-1.022	-1.037	0	0	-2	-2	-240	-306	-73	-88	-452	-588	-145	-169	-261	-331	-85.736.346	-86.105.582		
		Empresa Minera Los Quemesales SA	Casapaca	-1.646.991	-1.847.989	-1.217.490	-1.239.638	-2.144	-2.262	-8.034.174	-10.444.426	-1.686	-1.736	-1.501	-1.501	0	0	-2	-2	-238	-304	-173	-209	-407	-529	-150	-175	-2.374	-3.008	-11.384.461	-15.884.483		
		Votorantim Metais- Cajamarquilla SA	Cajamarquilla	-1.594.911	-1.786.300	-1.444.256	-1.480.362	-2.235	-2.358	-2	-3	-1.345.621	-1.403.483	-2.070	-2.099	-87.055.517	-88.796.627	-2	-2	-231	-295	-193	-233	-445	-579	-528	-616	-1.025	-1.299	-91.447.035	-93.474.254		
		Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	-1.596.239	-1.787.787	-8.327.036	-8.535.211	-5.703	-6.017	-225	-293	-4.758	-4.983	-782	-793	0	0	-1	-1	-2	-222	-283	-156	-188	-1.256	-1.763	-371.533	-433.579	-1.345	-1.704	-10.309.367	-10.772.584	
Pasco	Compañía Minera Chancadora Centauro S.A.	Quispey	-1.685.896	-1.888.204	-2.125.404	-2.178.539	-3.327	-3.510	-11	-14	-52	-55	-1.027	-1.041	0	0	-7	-9	-229	-292	-159	-192	-379	-483	-270	-315	-2.951	-3.739	-3.819.713	-4.076.403			
		Compañía Minera El Brocal S.A.	Colquijuy	-1.507.338	-1.688.219	-4.449.324	-4.560.557	-2.161	-2.279	-19.832	-25.781	-15.850	-16.532	-577	-586	-2	-2	8	-252	-321	-3.276	-3.952	-798	-986	-2.798.052	-3.265.326	-628	-1.049	-8.796.257	-9.965.599			
		Empresa Administradora Changar S.A.C.	Ancon	-1.766.338	-1.978.298	-2.300.256	-2.357.763	-930	-982	-1	-2	-211	-220	-862	-864	0	0	-3	-4	-102	-131	-112	-136	-2.267	-2.947	-6.658	-7.770	-176	-223	-407.907	-4.965.599		
		Pan American Silver S.A.	Huaron	-1.559.636	-1.746.792	-8.553.610	-8.767.450	-5.862	-6.185	-219	-285	-3.265	-3.405	-16.681	-16.915	0	0	-4	-5	-314	-400	-1.581	-1.907	-632	-822	-527.250	-615.300	-4.878	-6.180	-10.673.931	-11.165.646		
		Compañía Minera Milpo S.A.A.	Milpo N°1	-1.827.855	-2.047.197	-1.425.111	-1.460.739	-1.183	-1.249	-5	-7	-614	-641	-647	-656	0	0	-3	-4	-155	-198	-86	-104	-2.202	-2.862	-1.679	-1.959	-133	-169	-3.259.874	-3.515.794		
TOTAL	Media Dev. Std Max Min	Atacocha S.A.A.	-1.729.814	-1.937.362	-1.436.861	-1.472.782	-1.011	-1.161	-7	-9	-247	-257	-936	-949	0	0	-4	-5	-1.413	-1.801	-99	-120	-1.384	-1.799	-321	-375	-404	-512	-3.172.899	-3.417.161			
		TOTAL	-66.173.564	-75.871.255	-209.836.327	-214.915.543	-74.037	-78.101	-8.075.471	-10.498.112	-61.843.704	-64.502.954	-486.965	-495.803	-87.055.523	-88.796.627	-2.931	-3.605	-5.575	-10.930	-20.626	-24.676	-17.828	-23.173	-4.969.181	-5.799.034	-53.164	-67.300	-438.619.894	-459.087.319			
		Media	-1.768.475	-1.996.520	-5.671.252	-5.806.528	-2.001	-2.111	-218.256	-283.733	-1.671.451	-1.743.231	-12.315	-13.400	-2.352.852	-2.399.909	-717	-97	-232	-295	-557	-672	-482	-626	-134.302	-159.731	-2.437	-3.819	-11.854.592	-12.407.765			
		Dev. Std	931.640	9.846.623	10.098.110	1.015	1.915	1.320.627	1.716.815	9.540.259	9.950.489	63.449	64.337	14.311.839	14.598.076	-379	390	265	363	998	1.205	908	1.181	496.368	576.246	2.147	3.101	20.754.487	21.338.104				
		Max	-1.260.663	-1.411.942	-497.068	-509.495	-100	-98	0	0	-17	-16	-92	-63	0	0	0	0	-12	-11	-35	-33	-5	-7	-50	-58	-78	-98	-2.177.229	-2.387.540			
TOTAL	Media Dev. Std Max Min	Atacocha S.A.A.	-6.640.033	-7.436.836	-53.994.761	-55.344.630	-7.207	-7.803	-8.034.174	-																							

NP: No paramétrico  
P: Paramétrico

Elaboración propia



## **7. DETERMINANTES DEL COSTO ECONÓMICO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MINERA SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

En este capítulo se analizarán los determinantes del costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para los años 2008 y 2009. Según la literatura estos determinantes se han aproximado a partir de dos métodos: (i) Análisis de Varianza (ANOVA), por medio del cual se identifica la existencia de diferencias en los valores medios de las variables explicativas previamente ordenadas en función a grupos de las variables dependientes (Reig-Martínez, *et al.*; 2001); y mediante (ii) Modelos de regresión, considerando como variables explicativas aquellas sobre las cuales las unidades productivas evaluadas no tienen injerencia (Worthington y Dollery, 2000)<sup>45</sup>.

Sobre el método ANOVA, cabe indicar que éste permite analizar de manera individual o simultánea los niveles de significación de dos o más variables explicativas. De otro lado, en el caso de los modelos de regresión, la elección del modelo dependerá de la distribución que tenga la variable dependiente. Una primera aproximación implica estimar una regresión lineal mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Sin embargo, cuando la variable dependiente es censurada, los parámetros estimados mediante este modelo son inconsistentes, inconsistencia que se incrementa con el número de observaciones censuradas (Greene, 1981). Una solución a este problema consiste en estimar un modelo Tobit mediante máxima verosimilitud bajo los supuestos de normalidad y homoscedasticidad (De Borger y Kerstens, 1996).

En el presente estudio, se ha optado por emplear ambos métodos (ANOVA y regresiones Tobit) con la finalidad de maximizar las bondades de ambos métodos para el análisis de los determinantes del costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para los años 2008 y 2009.

### **7.1. Las variables explicativas<sup>46</sup>**

Las variables explicativas serán variables de estado y de operación. Las primeras se definen como aquellas que determinan el accionar y el entorno de las unidades productivas mineras, las cuales no pueden ser modificadas en el corto plazo. Se han empleado 3 variables de estado. La primera es la variable “Origen del Capital”, la cual se introducirá en el modelo a partir de una variable dummy, que

---

<sup>45</sup> Esta acotación es importante debido a que si se utilizaran como variables explicativas, aquellas que las empresas mineras puedan modificar directamente, se obtendrían resultados sesgados dado que se confundirían con las variables output deseables u no deseables empleadas para calcular el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos. Esta observación es de especial importancia para el caso de las metodologías paramétricas dado que el término de error del modelo influye en las variables explicativas, por lo que podrían generarse resultados sesgados y por ende no interpretables. La solución a esta deficiencia consiste en contar, previo al análisis, variables input-output (empleadas para calcular el costo económico) y variables explicativas (usadas para calcular los determinantes de dicho costo económico) no correlacionadas.

<sup>46</sup> Véase en el anexo 12 la definición y descripción de las variables explicativas empleadas.

tomará el valor de “1” si la unidad minera es de capitales peruanos (o mayormente peruanos) y “0” en el caso de que los capitales sean extranjeros (o mayormente foráneos). La segunda es la variable “Altitud”, la cual se introducirá a partir de una variable en niveles que indicará a cuantos metros sobre el nivel del mar opera la unidad minera. Esta variable a su vez fue categorizada en 3 niveles: menos de 3mil, entre 3 y 4 mil; y más de 4 mil. La tercera variable de estado, corresponderá a la variable “Región”, la cual fue agregada por dominios, en tres agregados regionales: Sierra Norte, Centro (Costa y Sierra) y Sierra Sur.

El segundo grupo de variables explicativas son las de operación, las cuales corresponden aquellas vinculadas a la operatividad de la unidad minera. La primera de ellas es la variable “Tecnología”, la cual se introducirá en el modelo mediante una variable dummy, que tomará el valor de “1” si la unidad minera para la obtención de minerales usa una tecnología de “lixiviación” y “0” en el caso que emplee una tecnología de flotación<sup>47</sup>. La segunda variable de este grupo corresponderá al “Método de Explotación”, la que corresponderá a una variable dummy que tomará el valor de “1” si la unidad minera realiza sus operaciones en una mina subterránea y “0” si realiza sus operaciones a tajo abierto. La tercera variable será “Diversificación Productiva”, la cual se define como la variedad polimetálica que produce una unidad minera. Esta variable fue aproximada por el número de minerales que obtienen en su proceso productivo, el cual varía en un rango de 1 a 5 minerales, y fueron categorizados en dos grupos, de 1 a 3 productos y de 4 a 5 productos. Finalmente, se incluirá la variable “Escala de Producción”, la cual se aproximará por el logaritmo de la producción, que indicará el tamaño de la unidad minera o el índice de la escala de producción.

## 7.2. Especificaciones metodológicas previas

La variable dependiente será el logaritmo del costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos ( $\theta$ ) correspondientes al conjunto de las unidades mineras bajo estudio para el período 2008-2009. El análisis explicativo de dicha variable se realizará en dos tramos. En el primero se empleará el método ANOVA y en el segundo, se emplearán modelos de regresión, los cuales serán del tipo Tobit, dado que la variable dependiente resultó ser censurada<sup>48</sup>.

Así, los dos tramos del análisis implicará primero identificar la existencia de diferencias en los valores medios de las variables explicativas previamente ordenadas en función a grupos de la variable dependiente, lo cual se realizará mediante el método ANOVA, y luego, con los resultados de esta etapa, se pasará

---

<sup>47</sup> Tal como se señaló anteriormente, la tecnología de “flotación” es la que más se emplea en el país para la obtención de minerales.

<sup>48</sup> Una variable es censurada cuando su distribución es una mezcla entre una distribución continua y otra discreta, lo cual genera una acumulación de probabilidad en el punto de censura. Todas las variables dependientes (costo económico promedio para los años 2008 y 2009 estimadas mediante metodologías paramétricas y no paramétricas) para las unidades mineras bajo estudio, presentaron funciones de densidad de este tipo. Al respecto, véase la sección 7.3.2.

a la segunda, que consiste en especificar las regresiones Tobit. Esto permitirá estimar los coeficientes de las variables explicativas por máxima verosimilitud bajo los supuestos de normalidad y homoscedasticidad (De Borger y Kerstens, 1996), integrando para ello tanto información de observaciones censuradas como no censuradas. La especificación del modelo Tobit es la siguiente:

$$\theta_i = \beta_0 + \beta_1 ESTADO_i + \beta_2 OPERACION_i + \varepsilon_i$$

Donde:

$\theta_i$ : Logaritmo del costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos

$\beta$ : Vector que contiene los parámetros a ser estimados

$ESTADO_i$ : Contiene a las variables de estado aproximadas por el Origen del Capital, Altitud y Región

$OPERACION_i$ : Contiene a las variables de operación, aproximadas por la Tecnología, el Método de Explotación, la Diversificación Productiva y la Escala de Producción

$\varepsilon_i$ : Término de error

Para las estimaciones del método ANOVA, las variables explicativas corresponderán únicamente a las variables cualitativas o dummies tomadas cada una por separado. En ese sentido, la variable Escala de Producción se excluye de este análisis para ser retomada luego en las regresiones Tobit. Un comentario adicional en este ejercicio es que para el caso de la variable Región y la variable Altura, han sido definidas en tres categorías tal como se detalló en la sección anterior, siendo de esta manera la forma en la cual fueron introducidas en los cálculos del método ANOVA.

De otro lado, para las regresiones Tobit, las variables explicativas se combinan en su modalidad de cuantitativas (Altitud, Escala de Producción y Diversificación Productiva), así como variables cualitativas (Origen del Capital, Tecnología y Método de Producción). Sin embargo, cabe indicar que se excluye la variable cualitativa Región, debido que al tener tres categorías podría crear problemas de grados de libertad, considerando que el tamaño máximo de la muestra es 28 observaciones para el 2008 y de 37 para el 2009.

### **7.3. Determinantes del costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos**

La introducción de variables de estado en el análisis permitirá verificar como el entorno institucional y las condiciones espaciales de las unidades mineras condicionan el nivel del costo económico de la contaminación minera sobre los recursos hídricos. Por su parte, la introducción de las variables operacionales permitirá caracterizar como y en que sentido los aspectos tecnológicos y

productivos asociados a las unidades mineras determinan el nivel de la misma variable endógena bajo estudio. La hipótesis global es que el entorno institucional, las condiciones espaciales y el tipo de operación de las unidades mineras condicionan el nivel del costo económico de la contaminación minera sobre los recursos hídricos para los años 2008 y 2009.

### 7.3.1. Análisis de Varianza (ANOVA)

El estadístico F al 5.0% de significación permitirá rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias entre dos grupos de unidades mineras ordenadas según la variable endógena para el conjunto de las variables exógenas empleadas. Esto indicará que las diversas variables explicativas consideradas en el análisis, constituyen características que hacen que las unidades mineras con elevados y reducidos costos económicos de la contaminación minera sobre los recursos hídricos, se comporten de manera diferente. Los resultados del método ANOVA se resumen en la tabla 19.

**Tabla 19. Grado de significación del método ANOVA**

<b>Variables</b>	<b>NP08 1/</b>	<b>P08 1/</b>	<b>NP09 1/</b>	<b>P09 1/</b>
<b>Estado</b>				
Altitud	0.72	0.72	0.77	0.45
Capital Nacional	0.59	0.59	0.16	0.18
Región	0.54	0.54	0.02	0.02
<b>Operación</b>				
Tecnología	0.53	0.53	0.50	0.40
Método de Explotación	0.35	0.35	0.40	0.40
Diversificación Productiva	0.41	0.41	0.07	0.06
<b>Grados/libertad</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>36</b>	<b>36</b>

\* / Se muestra el valor p de significación para la Hipótesis nula de no diferencia entre grupos

1/ NP08: No paramétrico 2008; P08: Paramétrico 2008; NP09: No paramétrico 2009; P09: Paramétrico 2009

Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 19, son pocas las variables que resultaron ser significativas en el test F. Para el año 2009, las variables Diversificación del Producto ( $p=0.07$  y  $p=0.06$ ) y Región ( $p=0.02$ ) muestran claramente una diferenciación mayor sobre el costo económico. La interpretación de la variable Diferenciación es la siguiente: a mayor diversificación productiva mayor costo económico. Por su parte, la interpretación de la variable Región implica que la Región Central (Costa central y Sierra central) genera un mayor costo económico que la Sierra Norte y éste un mayor costo que la Sierra sur (véase la tabla 20). Además, se observa para el 2009 para la variable Origen del Capital, que el capital nacional tiene en promedio un costo económico ligeramente menor que el capital extranjero (véase la tabla 21). Esta afirmación sin embargo es categórica solo al nivel de significación de 0.18. Para el año 2008, las variables explicativas resultaron ser no significativas.

**Tabla 20. Medias por Regiones en logaritmo del costo económico según el método no paramétrico para el año 2009**

<b>Región por Dominios</b>	<b>Media</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Desv. típ.</b>
Sierra Norte	15.59	14	0.63
Centro (Costa y Sierra)	16.10	14	1.25
Sierra Sur	14.97	9	0.32
<b>Total</b>	<b>15.63</b>	<b>37</b>	<b>0.97</b>

Elaboración propia

**Tabla 21. Medias por Origen de Capital en logaritmo del costo económico según el método no paramétrico para el año 2009**

<b>Origen de Capital</b>	<b>Media</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Desv. Típ.</b>
0	15.99	10	1.05
1	15.5	27	0.92
<b>Total</b>	<b>15.63</b>	<b>37</b>	<b>0.97</b>

Elaboración propia

Con la finalidad de confirmar los resultados del método ANOVA, se realizó un análisis de correlación complementario, el cual consistió en analizar dichos resultados con los cálculos que provienen de coeficientes de correlación lineal simple de Pearson de la variable dependiente logaritmo del costo económico (lcost) versus las variables explicativas bajo estudio (véase la tabla 22). Para el año 2009, las variables Altitud, Diversificación y Origen del capital muestran resultados consistentes con el ANOVA. Por su parte, para el año 2008, de poca o ninguna significación, hay un resultado adicional a resaltar, la variable Escala de Producción, aproximada por el logaritmo de la producción, se correlaciona positivamente con el costo económico a un nivel de significación aceptable ( $p=0.06$ ), por lo que se decidió incluir dicha variable como una variable explicativa en las regresiones Tobit, tanto para el año 2008 como 2009.

**Tabla 22. Coeficiente de correlación lineal simple de Pearson<sup>49</sup>**

Correlación	NP08 1/		P08 1/		NP09 1/		P09 1/	
	Lcost	p	Lcost	p	Lcost	p	Lcost	p
Altitud	0.006	0.975	0.004	0.984	-0.376	0.022	-0.369	0.025
Tecn-lixí1	-0.129	0.53	-0.128	0.533	-0.129	0.453	-0.139	0.418
Prod	0.183	0.352	0.184	0.349	-0.017	0.921	-0.009	0.959
Explo-tajo1	0.19	0.352	0.192	0.347	0.137	0.425	0.138	0.421
diversi_n	0.161	0.413	0.161	0.413	0.237	0.157	0.245	0.144
Cap_nac1	-0.107	0.59	-0.107	0.589	-0.228	0.175	-0.235	0.161
Lpro	0.363	0.058	0.363	0.057	0.175	0.3	0.185	0.273
diver_cod	0.161	0.412	0.161	0.412	0.299	0.073	0.307	0.065
Alti_cod	-0.016	0.936	-0.017	0.931	-0.109	0.519	-0.105	0.537
<b>Observaciones</b>	<b>28</b>		<b>28</b>		<b>37</b>		<b>37</b>	

1/ NP08: No paramétrico 2008; P08: Paramétrico 2008; NP09: No paramétrico 2009; P09: Paramétrico 2009

2/ Lcost: Logaritmo del costo económico de la contaminación minera sobre los recursos hídricos

Elaboración propia

### 7.3.2. Regresiones Tobit

Al igual que para el método ANOVA, en el análisis de regresión se empleó como variable dependiente el logaritmo del costo económico de la contaminación minera sobre los recursos hídricos en logaritmos (lcost), la cual dado que resultó ser una variable censurada, fue modelada mediante un modelo Tobit<sup>50</sup>. Como se indicó anteriormente, este tipo de modelos permiten estimar los coeficientes de las variables explicativas por máxima verosimilitud bajo los supuestos de normalidad y homoscedasticidad (De Borger y Kerstens, 1996). En ese sentido, previo a las regresiones Tobit se realizaron los correspondientes test de normalidad y homoscedasticidad<sup>51</sup>.

Los resultados de las regresiones Tobit para los casos paramétricos y no paramétricos de los años 2008 y 2009, se muestran en la tabla 23. Con la finalidad de facilitar la interpretación de los resultados, en dicha tabla se muestra solo el signo de los coeficientes obtenidos positivo (+) o negativo (-) para cada caso, además del correspondiente valor crítico de significación (p-value). Como era de esperarse, teniendo en cuenta los resultados ANOVA de la sección anterior, pocos coeficientes de las regresiones Tobit resultaron ser significativos, razón por la cual, los resultados más que confirmatorios de los resultados ANOVA, deben interpretarse como exploratorios o correlacionales.

<sup>49</sup> Las columnas de la tabla 22 muestran los coeficientes de correlación *lineal* y su significación (valores p) para la variable lcost y las variables explicativas bajo estudio.

<sup>50</sup> Para mayor información sobre las características y las clases de censuramiento, véase Greene (2008), y Verbeek (2008).

<sup>51</sup> Véase en el anexo 13 los test de normalidad y heteroscedasticidad para la variable costo económico de la contaminación minera sobre los recursos hídricos.

**Tabla 23. Resumen de resultados de regresiones Tobit**

Año / Metodología	NP08 1/ (1)	P08 1/ (2)	NP09 1/ (3)	P09 1/ (4)
Variables	Signo y p	Signo y p	Signo y p	Signo y p
Altitud	<b>(-) 0.126</b>	<b>(-) 0.213</b>	<b>(-) 0.227</b>	<b>(-) 0.238</b>
lix	<b>(-) 0.031</b>	<b>(-) 0.032</b>	(-) 0.567	(-) 0.532
tajo1	(-) 0.727	(-) 0.873	<b>(+) 0.248</b>	<b>(+) 0.244</b>
diversifica	<b>(-) 0.179</b>	<b>(-) 0.181</b>	(+) 0.785	(+) 0.841
cap_nac1	(+) 0.501	(+) 0.723	(-) 0.488	(-) 0.428
lprod	<b>(+) 0.117</b>	<b>(+) 0.158</b>	(+) 0.708	(+) 0.656
Cte				
Especificación	<b>Leith</b>	<b>Left</b>	<b>left at 15.1</b>	<b>Left at 15.1</b>

1/ NP08: No paramétrico 2008; P08: Paramétrico 2008; NP09: No paramétrico 2009; P09: Paramétrico 2009

Elaboración propia

De esta manera, sobre la base de un criterio correlacional se han resaltado en negrita los coeficientes cuyo valor crítico es menor que 25.0%, o sea  $p=0.25$ , los que podrían ser considerados como resultados medianamente significativos. En esta línea se resume lo siguiente:

- i. En el 2008 (columnas 1 y 2) y 2009 (columnas 3 y 4), las unidades mineras ubicadas a mayor altura generaron un menor costo económico sobre los recursos hídricos.
- ii. En el 2008 y 2009, las unidades mineras que operan mediante una tecnología de lixiviación generaron un menor costo económico sobre los recursos hídricos. Sin embargo, en el 2009, esto ocurre con una menor significación.
- iii. En el 2009 el modo de operación a tajo abierto conlleva mayor costo económico. En el 2008 sin embargo ocurre lo contrario, y con una menor significación.
- iv. En el 2008 la mayor diversificación de las unidades mineras se asocia con un costo económico más reducido sobre los recursos hídricos. Este patrón es inverso en el 2009 y con una menor significación.
- v. En el 2009 las unidades mineras de capital nacional generan un menor costo económico sobre los recursos hídricos. Lo contrario ocurre en el 2008. En ambos años estos resultados ocurren con poca significación.
- vi. En el 2008, la escala de producción se relaciona positivamente con el costo económico. Lo mismo ocurre en el 2009, pero con una menor significación.

Como se observa en ambos años bajo estudio, únicamente la característica relacionada a la altura a la cual opera una unidad minera resultó ser significativa para explicar (y en una dirección negativa) el costo económico sobre los recursos

hídricos. Así, pareciera que no existe un patrón recurrente que explique el comportamiento de los empresarios mineros que finalmente incida en un mayor o menor costo económico para los años estudiados. En ese sentido, podría señalarse que los determinantes del costo de la contaminación minera sobre los recursos hídricos podrían estar más asociados a factores relacionados a la gestión del proceso productivo minero (variables no capturadas en los modelos explicativos ANOVA y Tobit), como por ejemplo, el tratamiento de los químicos que se emplean para la obtención de los minerales, la manipulación de los explosivos que se emplean en las fases de explotación, la gestión de las plantas de tratamiento de relaves mineros, entre otros similares. Por tanto, la óptima o deficiente gestión ambiental de las unidades mineras en las diversas etapas del proceso productivo, podría estar explicando respectivamente, un reducido o elevado costo de la contaminación minera sobre los recursos hídricos para los años 2008 y 2009.

Lo señalado anteriormente se encuentra en línea con los hallazgos realizados por el OSINERGMIN (2009) en los cuales tanto para los casos de la minería subterránea como a tajo abierto, la existencia y la operatividad de la infraestructura para un adecuado manejo ambiental, así como la gestión durante los procesos de extracción y beneficio del mineral (que incluye el manejo de relaves, efluentes y residuos sólidos domésticos e industriales, el manejo del agua de mina, el control de emisiones de polvos y gases, la gestión del plan de contingencia para el manejo de residuos, entre otros), resultaron ser los rubros de mayor incumplimiento ambiental por parte de las empresas mineras que fueron fiscalizadas por el OSINERGMIN en el 2008. Así, estos resultados permitirían afirmar que el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos podrían ser explicados más por los factores asociados a la gestión ambiental de las diversas etapas del proceso productivo minero, que por variables vinculadas a la tecnología empleada, al origen del capital accionario de la empresa, o de la escala productiva de la empresa minera, entre otras empleadas en los modelos ANOVA y Tobit.



## **8. HACIA UN SISTEMA DE SANCIONES AMBIENTALMENTE EFICIENTE**

### **8.1. Los precios sombra y los mercados de contaminación**

El economista Pigou (1948) propuso la introducción de un sistema de impuestos con el objetivo de evitar que los empresarios transfieran en su totalidad las externalidades negativas que generaban sus procesos productivos. Este autor señaló que al establecer un impuesto, el empresario solo trasladaría una parte de dichas externalidades a una tercera parte dado que la otra sería internalizada por los agentes generadores de dicha externalidad.

Faber y Proops (1991) y Färe *et al.*, (1993) fueron más allá de lo señalado por Pigou, proponiendo la creación de un mercado para la contaminación, en el cual podrían usarse los precios sombra de la externalidad negativa como referencia del precio a pagar por la contaminación generada, lo cual podría promover una degradación ambiental eficiente.

Como se vio en el capítulo 5, la lectura de los precios sombra admite la interpretación de “cuanto es el ingreso al cual las unidades productivas deben renunciar para reducir una unidad adicional de degradación ambiental”. En ese sentido, y acorde a lo propuesto por Pigou (1948) y Faber y Proops (1991) y Färe *et al.*, (1993) los precios sombra pueden considerarse como una aproximación de las multas que debieran establecerse en el sector minero por exceder en una unidad los LMP establecidos en la normativa.

Así, si las empresas mineras excedieran en 1 mg/l el LMP normativo establecido para el plomo, estas empresas tendrían que pagar, en promedio, US\$ 66,013 y US\$ 89,198 en los años 2008 y 2009, respectivamente (véanse las tablas 15 y 16), dado que esto representa el monto en el cual debieran reducir (en promedio) sus ingresos para reducir en una unidad la contaminación que se desprende de su proceso productivo.

### **8.2. Simulación de las multas en el sector minero para los años 2008 y 2009**

La información que proveen los precios sombra es valiosa para el organismo regulador/fiscalizador de la contaminación ambiental, dado podría permitir el establecimiento de un mecanismo disuasivo de multas que genere un esquema de incentivos para que las empresas mineras internalicen las externalidades negativas que genera su proceso productivo. En la actualidad en el Perú, la posibilidad de establecer un sistema de multas basado en criterios económicos es de especial relevancia dado que el esquema de multas y sanciones vigente en el sector minero se basa en criterios administrativos, por lo que no se sanciona la nocividad que genera la contaminación minera. Así por ejemplo actualmente las multas en el sector minero sancionan el hecho de no contar con un registro de monitoreo de los parámetros de contaminación emitidos, o en su defecto por llevarlo incompleto,

siendo las multas más elevadas mientras mayor sea el número de reincidencia en el incumplimiento<sup>52</sup>.

En las tablas 24 y 25 se muestran las estimaciones de las multas que debieron establecerse en el sector minero a aquellas unidades mineras que excedieron los LMP normativos en los años 2008 y 2009, respectivamente. Estas multas se han estimado al multiplicar los precios sombra calculados en el capítulo 6 (mostrados en la tabla 15 y 16) por el exceso de los LMP promedios anuales establecidos en la normativa<sup>53</sup>. Como se observa, en los años 2008 y 2009, las multas ascendieron en promedio a US\$ 647.9 millones y US\$ 308.3 millones, respectivamente. Analizando las multas en detalle, los resultados indican que en el 2008, de las 28 unidades mineras estudiadas, 26 excedieron algún LMP (promedios anuales), mientras que en el año 2009, 27 de las 37 unidades estudiadas, excedieron algún LMP (promedios anuales).

Merece la pena analizar cuales son las unidades mineras a las que se les ha atribuido una multa alta, así como aquellas a las que no. En el 2008, las unidades mineras Complejo Metalúrgico La Oroya de la empresa Doe Run Perú, la unidad San Cristóbal/Mahr Túnel de la empresa Volcan y la unidad La Virgen de la compañía Minera San Simón explicaron el 43.2%, 18.7% y 10.9% del monto total de las multas en el 2008, respectivamente, concentrando en conjunto el 72.9% del total de las multas en dicho año. En el 2009, en esta condición estuvieron las unidades mineras Cajamarquilla de la empresa Votorantim Metais-Cajamarquilla SA, Americana de la Compañía Minera Casapalca SA y Carahuacra de la empresa Volcan Cía. Minera S.A.A., las cuales explicaron, respectivamente, el 29.0%, 26.9% y 16.9%, abarcando en conjunto, el 72.7% del total de las multas en dicho año.

Un patrón de comportamiento común en estas unidades mineras que explicaron en el 2008 y 2009 un alto porcentaje del monto de las multas, es que todas excedieron en cantidades descomunales al menos algún LMP normativo. Así, por ejemplo, analizando el comportamiento de las 3 empresas que explicaron en ambos años los mayores porcentajes de las multas simuladas, se tiene que en el 2008, el Complejo Metalúrgico La Oroya excedió el LMP del selenio en porcentaje superior a 4 millones<sup>54</sup>, la unidad San Cristóbal/Mahr Túnel excedió el LMP de los sólidos total suspendidos en 2,608.5%<sup>55</sup>; y la unidad minera La

---

<sup>52</sup> Para un mayor detalle del esquema de multas vigente, véase la sección 4.3 del capítulo 4.

<sup>53</sup> De los 13 parámetros contaminantes estudiados, el níquel y el selenio no son regulados en la normativa nacional, por lo que en estos casos se emplearon LMP alternativos. Así, en el caso del níquel se empleó el LMP establecido por el United States Government Environmental Protection Agency (US EPA) y por el Grupo del Banco Mundial, el cual asciende a 0.5 mg/l. En el caso del selenio, se empleó el LMP establecido para la clase de agua I de los ECA referido al límite de agua para el abastecimiento doméstico, el cual es de 0.01 mg/l.

<sup>54</sup> Esta unidad minera obtuvo un valor promedio anual por selenio de 431.4 mg/l, cuando el LMP es de 0.01 mg/l.

<sup>55</sup> El LMP normativo para este contaminante es de 25 mg/l y esta unidad minera tuvo una emisión promedio anual por este contaminante de 677.1 mg/l. Esta unidad minera, además, superó los LMP normativos en 6 de los 13 parámetros de contaminación estudiados.

Virgen, que excedió el LMP de los sólidos total suspendidos en 1,457.3% y del níquel en 260,214.0%<sup>56</sup>. Por su parte en el 2009, la unidad Cajamarquilla excedió en un porcentaje mayor a 1.8 millones y en más de 11,000.0% el LMP promedio anual establecido para el cadmio y para el zinc, respectivamente<sup>57</sup>, mientras que la unidad Americana superó el LMP promedio anual de los sólidos total suspendidos y del zinc en 878.0% y 94,876.0%, respectivamente. Finalmente, la unidad Carahuacra excedió los LMP normativos correspondientes a los sólidos total suspendidos y al zinc en aproximadamente 2,000.0%.

Tanto en el 2008 como en el 2009, la unidad minera Antamina de la empresa Antamina fue la única unidad que cumplió con todos los LMP normativos, razón por la cual no se le atribuyó ninguna multa. En esta situación también se encontró en el 2008, la unidad minera Quicay de la empresa Chancadora Centauro S.A.C., así como las siguientes 9 unidades mineras en el 2009: Santa Luisa (Huanzala), Ares, Culebrillas, San Cristóbal, Orcopampa, Recuperada, Julcani, Arcata y UEA Chaquell. De este análisis puede concluirse que las unidades mineras evaluadas en el 2009 tuvieron un comportamiento ambiental mejor que las unidades estudiadas en el 2008, dado que más unidades cumplieron con todos los LMP.

El sistema de fiscalización y sanciones actual por el incumplimiento de los LMP mantiene 2 deficiencias estructurales. En primer lugar este sistema no establece cual es el marco normativo de las multas y sanciones que deberán establecerse en el sector minero ante el incumplimiento de los LMP. Esto es de particular relevancia dado que el marco normativo de escalas de multas y sanciones en vigencia se basa en normas del OSINERGMIN, y en la actualidad esta entidad desde octubre del 2010, ya no es el ente fiscalizador en el sector minero en los asuntos ambientales. En segundo lugar, el sistema actual en cuestión actualmente no está operando, dado que el Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM, en el cual se establecieron nuevos LMP en el 2010, otorgó un período de 20 meses contado a partir de agosto del 2010 para que las empresas mineras que actualmente operan en el país, adecuen sus procesos productivos con la finalidad de cumplir con los LMP establecidos en dicha norma. Este plazo incluso puede alcanzar los 36 meses si la empresa minera decide invertir en nueva infraestructura de tratamiento para el cumplimiento de los LMP, es decir que estas empresas mineras deberían cumplir con los LMP hacia agosto del 2013. Es decir, en la actualidad, y hasta abril del 2012 o hacia agosto del 2013, la OEFA-MINAM no puede sancionar a las empresas mineras que incumplan con los LMP normativos dado que el marco legal así lo establece.

De otro lado, cabe mencionar que las multas calculadas en el presente estudio para el 2008 y 2009 difieren ampliamente y son más elevadas que las establecidas por

---

<sup>56</sup> El LMP correspondiente a los sólidos total suspendidos es de 25 mg/l y esta unidad minera tuvo una emisión promedio anual de 389.4 mg/l. En el caso del níquel el LMP es de 0.08 y esta unidad obtuvo una emisión promedio anual de 208.2 mg/l.

<sup>57</sup> Esta unidad minera obtuvo 751.2 mg/l y 136.9 mg/l para los contaminantes cadmio y zinc, respectivamente, cuando el LMP promedio anual para el primero es de 0.04 mg/l y para el segundo es de 1.2 mg/l.

el OSINERGMIN en dichos años. Así, mientras el OSINERGMIN en los años 2008 y 2009 emitió multas por US\$ 4.3 millones y US\$ 5.9 millones, respectivamente, las multas calculadas en este estudio ascendieron, en promedio, a US\$ 647.9 millones en el 2008 y a US\$ 308.3 millones en el 2009, es decir, en ambos años las multas emitidas oficialmente solo representaron el 1.1% de las multas simuladas. Este hecho se explica debido a que estas últimas se han estimado sobre la base de criterios económicos fundamentados en la teoría microeconómica de la producción mientras que las segundas sobre la base de criterios administrativos. Por tanto, podría señalarse que el precio de la contaminación expresado en valores de mercado, debido que aproximan a partir de los ingresos de las propias empresas mineras la contaminación que generan sus actividades productivas, constituyen una mejor aproximación del valor de las multas que debieran pagar por contaminar los recursos hídricos, y constituirían de este modo un mejor mecanismo disuasivo, que el actualmente vigente, para generar que las empresas mineras internalicen las externalidades negativas que se desprende de su proceso productivo.

Finalmente, cabe indicar que a partir de febrero del 2011, la OEFA-MINAM inició actividades de sanción a las empresas mineras-metalúrgicas que habían incumplido en años anteriores al 2011 con sus obligaciones ambientales. Se establecieron así 23 multas a 16 empresas por un monto aproximado de US\$ 3 millones, correspondiendo la mayoría de estas a las impuestas por el MINEM en el año 2006 y que fueron transferidas al OSINERGMIN en el 2007<sup>58</sup>. Además, en marzo del 2011, la OEFA-MINAM multó a la empresa Doe Run Perú con 2,000 Unidades Impositivas Tributarias (UIT), lo cual equivale a US\$ 2.5 millones, debido a que incumplió con compromisos ambientales asumidos anteriormente. El caso de esta empresa es de especial relevancia dado que en el año 2008 explicó el 43.2% del monto de las multas simuladas en este estudio. Sobre el particular cabe indicar que la empresa Doe Run Perú en junio del 2009 paralizó las operaciones del Complejo Metalúrgico La Oroya luego de que diversos bancos le cortaran sus líneas de crédito debido a problemas de insolvencia patrimonial. Hacia abril del 2010, la empresa debía a sus proveedores mineros US\$ 39.3 millones y tenía inversiones pendientes por US\$ 53.6 millones para la culminación del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). Hacia abril del 2011, dicha empresa se encontraba inmersa en un proceso concursal en el INDECOPI, en el cual se decidiría su reestructuración o liquidación.

De los resultados encontrados en el presente capítulo puede concluirse que:

- (i) Las multas simuladas se encuentran concentradas en pocas unidades mineras. En los años 2008 y 2009, en promedio, el 72.8% de las multas fue explicado por 3 unidades mineras, todas diferentes en ambos años. Además, las multas se concentraron en unidades mineras de producción

---

<sup>58</sup> Entre los principales incumplimientos de las mineras se encuentran las infracciones a los LMP de efluentes mineros-metalúrgicos, el inadecuado manejo de residuos sólidos generados en la actividad minera y otros contemplados en el Reglamento de Protección Ambiental.

- (ingresos) medianos/bajos, estando el 72.8% de las multas concentrado en el 32.4% de la producción minera en ambos años.
- (ii) En los 2 años estudiados, las unidades que explicaron el mayor porcentaje del monto de las multas fueron las unidades metalúrgicas y no mineras<sup>59</sup>.
  - (iii) En ambos años bajo estudio, la unidad minera Antamina de la empresa Antamina cumplió con todos los LMP normativos (promedio anual), razón por la cual no se le atribuyó multa alguna.
  - (iv) Las multas simuladas se concentraron en pocos parámetros de contaminación, siendo los sólidos totales en suspensión y el selenio los que explicaron, en promedio, cerca del 98.0% de las multas en el 2008. Por su lado, en el 2009 fueron los sólidos totales en suspensión, el zinc y el cadmio los parámetros de contaminación que explicaron aproximadamente el 95.0% de las multas en dicho año.
  - (v) Todas las unidades de la muestra cumplieron en el 2008 y 2009 con los LMP (promedios anuales) correspondientes al cianuro total, razón por la cual no generaron multas por ese contaminante en ambos años. Además, en el 2008 las unidades mineras evaluadas excedieron el promedio anual de los LMP en alguno de los otros 12 parámetros contaminantes, hecho contrario a lo sucedido en el 2009, en el cual todas las unidades de la muestra cumplieron, además del LMP correspondiente al cianuro total, con los correspondientes al potencial de hidrógeno, cromo y níquel.
  - (vi) Las multas simuladas fueron mayores a las establecidas por el OSINERGMIN en los años 2008 y 2009. Incluso superaron ampliamente el monto de las multas impuestas por este organismo en los años 2007-2010, período en el cual tuvo las competencias de fiscalización. Así, en dichos años las multas establecidas oficialmente ascendieron a US\$ 36 millones, monto bajo si se lo compara con las multas simuladas en el presente estudio para los años 2008 y 2009, las cuales en conjunto ascendieron a US\$ 956.2 millones. Esto radica en el hecho de que este último monto ha sido calculado sobre la base del valor de mercado de la contaminación que han generado las unidades mineras estudiadas, mientras las primeras se han determinado sobre la base de criterios administrativos.

---

<sup>59</sup> En el 2008 el Complejo Metalúrgico La Oroya de la empresa Doe Run Perú explicó, en promedio, el 43.2% de las multas, mientras que en el 2009 la unidad Cajamarquilla de la empresa Votorantim Metais-Cajamarquilla S.A, explicó, en promedio, el 29.0%.

**Tabla 24. Simulación de multas calculados a partir de una metodología no paramétrica y paramétrica para el año 2008 (En US\$)**

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			MULTAS																										Total	
			Potencial de Hidrógeno (PH) US\$ / niveles		Sólidos Total Suspendedos (STS) US\$ / mg/l		Plomo (PB) US\$ / mg/l		Cobre (CU) US\$ / mg/l		Zinc (ZN) US\$ / mg/l		Arsénico (AS) US\$ / mg/l		Cadmio (CD) US\$ / mg/l		Mercurio (HG) US\$ / mg/l		Cromo (CR) US\$ / mg/l		Níquel (NI) US\$ / mg/l		Selenio (SE) US\$ / mg/l		Hierro (FE) US\$ / mg/l		Cianuro total (CN) US\$ / mg/l			
			NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P
Ancash	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	Santa Luisa	0	0	39,103,353	40,276,453	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39,103,353	40,276,453	
	Minera Huallanca S.A.	Contonga	0	0	5,423,221	5,585,918	0	0	0	0	323,764	389,488	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,746,985	5,975,406		
		Pucarrajo	0	0	0	0	0	0	0	0	3,932	4,730	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,932	4,730		
Arequipa	Minera Bateas S.A.C.	San Cristóbal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cedimin S.A.C.	Chaquele	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Compañía Minera Ares S.A.C.	Ares	0	0	6,050,233	6,231,740	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,050,234	6,231,741		
		Arcata	0	0	27,683,571	28,514,079	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	27,683,572	28,514,079	
	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Orcopampa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	
Huancavelica	Castrovirreyna Compañía Minera S.A.	San Genaro	0	0	15,024,436	15,475,169	473	862	9,820	15,712	40,410	46,613	29,267	73,167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163,836	186,412	0	0	15,268,243	15,801,736
	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Julcani	0	0	0	0	0	0	116,265	186,024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116,265	186,024	
		Recuperada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Compañía Minera Caudalosa S.A.	Huachocolpa Uno	279,703	293,688	10,687,000	11,007,610	0	0	0	0	554,791	667,413	0	0	3,504,882	4,118,236	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,026,376	16,086,948	
Junin	Volcan Compañía Minera SAA	Andaychagua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,693	14,233	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5,694	14,234	
		Carahuacra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	2	
		San Cristóbal / Mahr Túnel	0	0	116,698,024	120,198,965	0	0	63,865	102,185	1,444,545	1,737,788	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1,213,396	1,395,405	0	0	119,419,832	123,434,345
	Doe Run Perú SRL	Complejo Metalúrgico La Oroya	0	0	0	0	0	0	0	0	6,669	8,023	10,581	26,451	0	0	9	21	0	0	0	0	276,390,909	283,300,682	0	0	0	0	276,408,168	283,335,177
La Libertad	Pan American Silver S.A. - Mina Quiruvilca	Quiruvilca	0	0	5,642,908	5,812,195	0	0	0	0	0	0	917	2,293	0	0	169	396	69	100	42,000	74,760	0	0	0	0	0	0	5,686,063	5,889,744
	Compañía Minera San Simón S.A.	La Virgen	0	0	65,841,654	67,816,904	0	0	0	0	4,902	5,897	160,509	401,273	0	0	7,862	18,398	668,240	968,948	2,048,213	3,645,818	4	4	0	0	0	0	68,731,384	72,857,241
	Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	0	0	1,066,700	1,098,701	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	145	704	1,021	0	0	4	4	0	0	0	0	1,067,471	1,099,872
Lima	Empresa Minera Los Quenuales S.A.	Casapalca	0	0	874,367	900,598	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	874,368	900,599	
	Compañía Minera Casapalca S.A.	Americana	0	0	0	0	0	0	0	0	4,047	4,869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4,048	4,870	
	Votorantim Metais - Cajamarquilla S.A	Refinería Cajamarquilla	0	0	0	0	0	0	0	0	486,895	585,734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	17	0	0	0	0	486,912	585,752	
Pasco	Chancadora Centauro S.A.C.	Quicay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	0	0	48,571,813	50,028,968	0	0	0	0	56,450	67,910	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69,061	79,420	0	0	48,697,324	50,176,297
	Sociedad Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	457,200	480,060	161,439	166,282	0	0	69,545	111,272	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	688,184	757,614	
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Anímon	0	0	6,278,764	6,467,127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,278,764	6,467,127	
	Pan American Silver S.A.	Huaron	0	0	0	0	0	0	3,528	5,645	0	0	0	0	0	0	0	0	1,310	1,900	0	0	0	0	0	0	0	0	4,838	7,545
TOTAL			736,983	773,748	349,107,484	359,580,709	473	862	263,024	420,638	2,926,406	3,520,466	206,967	517,417	3,594,883	4,118,236	8,103	18,960	670,324	971,969	2,099,212	3,720,578	276,390,941	283,300,715	1,446,293	1,663,237	0	0	637,352,813	658,807,538
Media			26,318.0	27,633.9	12,468,124.4	12,842,168.2	16.9	23.7	9,393.7	15,029.9	104,514.5	125,730.9	7,391.7	18,479.2	125,174.4	147,079.9	289.4	677.1	23,940.1	34,713.2	74,650.4	132,877.8	9,871,105.0	10,117,882.7	51,653.3	59,401.3	0.0	0.0	22,762,571.9	23,921,697.8
Desv. Std			99,605.2	104,585.4	26,341,536.1	27,131,782.2	89.4	125.2	27,264.8	43,623.7	300,337.0	361,305.4	30,571.8	76,429.4	662,360.4	778,273.5	1,484.6	3,473.9	126,271.2	183,093.2	386,863.1	688,616.4	52,232,971.9	53,538,796.2	230,075.3	264,986.5	0.0	0.0	56,486,187.2	58,037,946.4
Max			457,200.2	480,060.2	116,698,024.3	120,198,965.0	473.1	862.4	116,265.3	186,024.4	1,444,545.4	1,737,788.2	160,509.1	401,272.7	3,504,881.8	4,118,236.1	7,862.4	18,398.1	668,239.9	968,947.9	2,048,212.6	3,645,818.4	276,390,908.9	283,300,681.6	1,213,395.6	1,395,405.0	0.0	0.0	276,408,167.7	283,335,177.1
Min			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

NP: No paramétrico  
P: Paramétrico

Elaboración propia

**Tabla 25. Simulación de multas calculados a partir de una metodología no paramétrica y paramétrica para el año 2009 (En US\$)**

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			MULTAS																								Total			
			Potencial de Hidrógeno (PH)		Sólidos Total Suspendidos (STS)		Plomo (PB)		Cobre (CU)		Zinc (ZN)		Arsénico (AS)		Cadmio (CD)		Mercurio (HG)		Cromo (CR)		Níquel (NI)		Selenio (SE)		Hierro (FE)				Cianuro total (CN)	
			NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P
Ancash	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	El Recuerdo	0	0	158,715	162,683	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158,715	162,683	
		Santa Luisa (Huanzala)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Berlin	0	0	4,459,075	4,570,551	0	0	11	14	4,977	5,191	4,327	4,388	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,435	29,683	0	0	4,493,825	4,609,827
		Pucarrájo	0	0	0	0	0	0	0	0	1,666	1,738	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,666	1,738	
	Compañía Minera Antamina S.A.	Contonga	0	0	511,583	524,373	0	0	0	0	0	6,592	6,876	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	518,176	531,249	
Arequipa	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Minera Bateas S.A.C.	San Cristóbal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Cedimín S.A.C.	UEA Chaquellie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Cia. Minera Ares S.A.C.	Ares	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cia. Minera Ares S.A.C.	Arcata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cajamarca	Cia. Minera Buenaventura S.A.A.	Oroypampa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Minera Yanacocha S.R.L.	Chapulima Sur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	333,846	338,520	0	0	0	0	0	0	0	0	3,261	4,240	0	0	337,107	342,759	
Huancavelica	Cia. Minera Caudillos S. A.	Huachocolpa Uno	0	0	0	0	0	0	0	0	17,338	18,083	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,339	18,084		
		Recuperada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cia. de Minas Buenaventura S. A. A.	Julcani	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junin	Castrovireyna Cia. Minera S.A.	San Geronimo	0	0	2,121,124	2,174,153	0	0	0	0	4,202	4,383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,125,327	2,178,535		
		Andaychagua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	708	718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	708	718		
		Volcan Cia. Minera S.A.A.	San Cristóbal/Mezcla Túnel	0	0	7,456,889	7,643,311	0	0	6,175	8,027	58,193	60,696	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,043,633	1,217,920	0	0	8,564,890	8,929,954
		Carahausca	0	0	51,375,038	52,659,414	0	0	4	5	38,319	39,966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50,451	58,876	0	0	51,463,811	52,738,261
La Libertad	Pan American Silver S.A.	Quiruvilca	0	0	17,091,743	17,519,037	0	0	0	0	1,041	1,086	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157	205	0	0	17,092,941	17,520,327		
		Cia. Minera San Simón S.A.	La Virgen	0	0	10,442,176	10,703,230	0	0	10,709	13,922	0	0	8,157	8,271	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,250	17,797	0	0	10,476,292	10,743,220
	Cia. Minera Aurifera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	0	0	6,013,517	6,163,855	0	0	259	337	0	0	0	0	0	0	836	1,152	0	0	0	0	133	173	178	208	0	0	6,015,024	6,165,725
	Consortio Minero Horizonte S.A.	Acumulación Parcoy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,610	3,661	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,610	3,661		
	Cia. Aurifera Real Aventura	Culebrillas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lima	Cia. Minera Poderosa S.A.	Unidad La Libertad (Pataz)	0	0	359,944	349,236	0	0	0	0	0	0	14,021	14,218	0	0	1,683	2,070	0	0	0	0	211	274	0	0	0	375,859	365,797	
		Unidad Trujillo (Mijas)	0	0	3,969,156	4,068,384	0	0	0	0	0	0	4,527	4,590	0	0	192	237	0	0	0	0	198	257	0	0	0	3,974,073	4,073,469	
	Volcan Compañía Minera SAA	Ticlio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138	179	0	0	0	138	179		
	Compañía Minera Casapalca SA	Americana	0	0	23,336,062	23,919,463	0	0	0	0	58,017,497	60,512,250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	313	407	0	0	0	81,353,872	84,432,120	
	Empresa Minera Los Quenuales SA	Casapalca	0	0	0	0	0	0	8,012,220	10,415,886	2,228,917	2,324,760	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	287	373	0	0	0	10,241,424	12,741,019	
Pasco	Votorantim Metais- Cajamarquilla SA	Cajamarquilla	0	0	0	0	0	0	0	0	1,333,826	1,391,181	0	0	87,050,882	88,791,899	0	0	0	0	0	0	322	418	0	0	0	88,385,030	90,183,498	
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	0	0	5,930,864	6,079,135	0	0	0	0	2,599	2,710	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,024	1,331	309,882	361,632	0	0	6,244,368	6,444,809	
	Compañía Minera Chancadora Centauro S.A.	Quicay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	265	345	0	0	0	267	347		
	Compañía Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	0	0	1,793,900	1,838,748	0	0	17,588	22,865	13,961	14,561	0	0	1	1	1	1	0	0	0	590	767	2,683,342	3,131,460	0	0	4,509,383	5,008,402	
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,813	2,357	0	0	0	0	1,813	2,357		
	Pan American Silver S.A.	Huaron	0	0	5,885,239	6,032,370	0	0	94	122	1,682	1,754	12,477	12,652	0	0	0	0	0	0	0	516	671	500,717	584,337	0	0	6,400,725	6,631,906	
	Compañía Minera Milpo S.A.A.	Milpo N° 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,761	2,290	0	0	0	0	1,761	2,290		
Compañía Minera Atacocha S.A.A.	Atacocha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,110	1,444	0	0	0	0	1,110	1,444			
TOTAL			0	0	140,905,024	144,407,943	0	0	8,047,060	10,461,178	61,730,810	64,385,235	381,673	387,017	87,050,884	88,791,902	2,814	3,461	0	0	0	0	12,100	15,730	4,628,888	5,401,913	0	0	302,759,254	313,854,378
Media			0	0	3,808,244	3,902,917	0	0	217,488	282,735	1,688,400	1,740,141	10,315	10,460	2,352,727	2,399,781	76	94	0	0	0	0	327	425	125,105	145,998	0	0	8,182,683	8,482,551
Dev. Std			0	0	9,507,135	9,745,013	0	0	1,317,046	1,712,160	9,530,348	9,940,153	54,769	55,536	14,311,077	14,597,298	313	385	0	0	0	0	676	879	473,186	552,208	0	0	20,655,375	21,238,866
Max			0	0	51,375,038	52,659,414	0	0	8,012,220	10,415,886	58,017,497	60,512,250	333,846	338,520	87,050,882	88,791,899	1,683	2,070	0	0	0	0	3,261	4,240	2,683,342	3,131,460	0	0	88,385,030	90,183,498
Min			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

NP: No paramétrico  
P: Paramétrico

Elaboración propia

### **8.3. Componentes del Sistema de Sanciones Ambientalmente Eficiente**

Estos resultados no hacen más que resaltar la necesidad de rediseñar el actual sistema de sanciones y multas en el sector minero-metalúrgico con la finalidad de crear un mecanismo de incentivos que genere que las empresas mineras internalicen la contaminación ambiental que producen sus actividades productivas. En ese sentido, a continuación se proponen 4 componentes que debería contener un Sistema de Sanciones Ambientalmente Eficiente fundamentado en criterios económicos.

#### *Componente 1. Sistematización de la información*

Este componente debería contener la información de las emisiones realizadas por las unidades mineras sobre los parámetros de contaminación emitidos en los recursos hídricos sean o no regulados en la normativa. Además, este componente debería contener los montos de producción diferenciados según minerales y tipos de productos, así como la cantidad y los tipos de insumos productivos.

#### *Componente 2. Determinación de los precios sombra y del monto de la multa*

Este componente debería contener la(s) metodología(s) no paramétricas y/o paramétricas, para estimar los precios sombra y las multas en el caso de que las empresas excedan los LMP normativos. Los cálculos de los precios sombra deberían ser publicados con la finalidad de que la empresa minera conozca con antelación cuales con los costos marginales por la emisión en los recursos hídricos de los contaminantes que se regulan en la normativa, los cuales corresponderían a su escala de multas individualizada.

#### *Componente 3. Regla de conducta productiva- ambiental*

Este componente debería establecer los planes de convergencia y/o ajuste hacia los LMP normativos para aquellas empresas que excedieron los LMP y que por lo tanto fueron multadas. Para ello deben establecerse reglas de conducta productiva-ambiental sobre la base de los niveles de contaminación existentes. Sobre el particular podrían definirse 3 grupos de contaminación: alta, media y baja, a partir de los cuales se definan reglas de conducta según cada uno de estos grupos. Para los niveles bajos de contaminación podría establecerse una regla de conducta que obligue a reducir la contaminación ambiental generada sin necesidad de afectar los niveles de producción. Para niveles de contaminación media podría establecerse una regla de conducta que implique una reducción progresiva de los niveles de producción, hasta que se cumplan con los LMP normativos. En los casos de niveles descomunales de contaminación debería establecerse una regla de conducta que impida la producción minera, hasta que se resuelve el problema de contaminación generado<sup>60</sup>.

---

<sup>60</sup> Una empresa no puede contaminar los recursos hídricos hacia el infinito, por lo que en este caso, debería limitarse la producción minera. Si esta empresa continua produciendo, podría verse en la situación, de que si



#### Componente 4. Destino de los recursos

Los montos que se recauden por las multas que se establezcan por exceder los LMP deben servir para financiar la contaminación del medio ambiente, el cual descapitaliza el stock de riqueza de la economía de las localizaciones afectadas por la contaminación de los recursos hídricos. Además, debería servir para compensar directamente a los pobladores afectados sobre la base de criterios de mercado. Los montos recaudados deben ser administrados por la OEFA-MINAM, siendo una de las tareas de esta entidad la determinación del mecanismo de las transferencias a los afectados, el cual debe de realizarse previa evaluación de campo de los daños. Cabe señalar que como no en todos los casos se deberán compensar por los daños generados (debido a emisiones reducidas de contaminantes que no generan afectados directos involucrados) los montos que no se transfieran deben ir a un fondo que compense los daños de otros lugares, cuya remediación pueda quedar desfinanciada<sup>61</sup>.

Para el óptimo funcionamiento del Sistema de Sanciones Ambientalmente Eficiente, los 4 componentes debieran funcionar de manera articulada. Esto dado que como se observa, la información del componente 1 es un insumo para calcular los precios sombra y las multas del componente 2, las cuales a su vez constituyen un insumo para establecer las reglas de conducta ambiental-productiva de las empresas multadas del componente 3. El componente 4 es el componente que compila en términos monetarios la contaminación minera.

Respecto a la temporalidad de la información de los componentes, estos debieran contener información mensual para poder determinar oportunamente las reglas de conducta productiva-ambiental, y remediar así los daños generados por la contaminación ambiental. En lo que concierne a la viabilidad técnica y económica de la puesta en marcha del Sistema de Sanciones Ambientalmente Eficiente, todas las actividades se enmarcan en las competencias y funciones de la OEFA-

---

sus niveles de emisión de contaminantes son muy abundantes, los montos de las multas que debiera pagar podría exceder el monto de sus ingresos.

<sup>61</sup> En un contexto donde existen problemas de asimetrías de información en los mercados, así como incentivos para que los participantes exploten y aumenten esas asimetrías, pueden surgir incentivos perversos asociados a los mecanismos compensatorios por el daño ambiental que se genera. De esta manera, los afectados por la contaminación minera en los recursos hídricos pueden acrecentar los daños reales que se generan, mantenerlos en el tiempo, o en todo caso trasladar como daños aquellos que no necesariamente corresponden a los generados por las actividades productivas mineras. Controlar estos incentivos perversos que surgen alrededor de estos sistemas compensatorios es una tarea de mediano plazo que pasa por establecer de manera adecuada derechos de propiedad en los recursos hídricos, así como establecer sistemas de precios al agua. Una vez que se establecen derechos de propiedad claramente definidos y fácilmente transables, se podrá arribar a una solución eficiente para la sociedad (fundamento del “Teorema de Coase”), en la cual la contaminación de los recursos hídricos se reduce en el tiempo, y en los casos que surja, opera un sistema de precios que limpia los mercados. Mientras no se establezcan derechos de propiedad sobre los recursos hídricos, la única manera de mermar la contaminación del agua y por tanto lidiar con los incentivos perversos que se crean alrededor de los sistemas compensatorios de la contaminación, es establecer normas que impongan costos efectivos a las empresas que las incumplan. Los precios sombra calculados en este estudio constituyen una aproximación para establecer sanciones pecuniarias a las empresas contaminadoras, pero des imperfecta pues no son compensatorios, por lo que para alcanzar soluciones eficientes en los mercados se requiere que el Estado trabaje en el establecimiento de derechos de propiedad en los recursos hídricos.

MINAM. El mayor costo hundido se relaciona con la construcción y calibración de los modelos económicos para calcular los precios sombra y determinar las multas. El mayor costo recurrente se vincula al recojo de las muestras de agua de los efluentes minero-metalúrgicos, así como con el análisis químico posterior de dichas muestras, el cual debe realizarse en laboratorios acreditados. Cabe indicar que este costo puede (debe) ser asumido por los titulares mineros tal como se hizo en la Campaña Nacional de Monitoreo Ambiental de Efluentes y Recursos Hídricos del 2008 y 2009, lo cual está acorde a la normatividad vigente<sup>62</sup>.

Finalmente, en lo que respecta a la institucionalidad de la sistematización y recojo de la información del componente 1, es el MINEM quien debe continuar proveyendo la información de producción de minerales según empresa minera y unidad productiva minera, así como empezar a proporcionar la información de los insumos empleados en los procesos productivos mineros. Por su parte, el MINAM debiera hacerse cargo de las tomas de las muestras de agua para su posterior análisis químico en laboratorios acreditados, lo cual permitirá garantizar la transparencia del proceso de fiscalización. Esta propuesta sin embargo implicará la modificación del Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, dado que en su artículo 6° señala que las empresas mineras son las responsables de remitir al MINEM la información sobre el cumplimiento de los LMP, para que luego esta entidad la sistematice y se la proporcione al MINAM para que realice las funciones de fiscalización (artículo 7 de la misma norma). Así, el cambio normativo en cuestión sería el de establecer la responsabilidad del MINAM en el recojo y sistematización de las tomas de las muestras de agua, así como establecer que la metodología para el recojo de la toma de muestras, debiera ser inopinada (en la cual las muestras de agua se toman sin informar previamente a la empresa minera), igual a la aplicada en la Campaña Nacional de Monitoreo Ambiental de Efluentes y Recursos Hídricos 2008-2009. Además, un cambio adicional a la misma norma, es el referido al anexo 01, en el cual se establece el periodo temporal para el cumplimiento del LMP del parámetro contaminante, el cual debiera ser mensual y no anual como actualmente establece el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM. Estos cambios normativos en su conjunto permitirán garantizar la transparencia e imparcialidad del proceso de fiscalización, así como la implementación, puesta en marcha y buen funcionamiento del Sistema de Sanciones Ambientalmente Eficiente propuesto en este estudio.

---

<sup>62</sup> En el artículo 3° de la Resolución Ministerial N° 180-2003-EM/DM, que aprobó el Arancel de Fiscalización Minera en abril del 2003, establece que los gastos en bienes y servicios que irroque la realización de la fiscalización tales como el transporte, alojamiento y alimentación del fiscalizador, análisis de muestras y alquiler de equipos, serán asumidos por el titular de la actividad minera. De esta norma indica que las empresas correrán con los gastos adicionales que se necesiten para llevar a cabo la fiscalización, entre ellas las tomas de muestras y sus análisis de laboratorio.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

En el presente estudio se aproximó el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos para los años 2008-2009 a partir del marco conceptual de la Eficiencia Medioambiental, el cual supone que las empresas mineras son ambientalmente eficientes si tienen la habilidad para incrementar su producción sin dañar el medio ambiente, es decir para producir sobre la frontera de posibilidades de producción ambiental, dada la tecnología. En términos cuantitativos, el costo de la contaminación ambiental minera se aproximó a partir de los precios sombra de las externalidades ambientales negativas, las cuales corresponden a la pendiente de la proyección de una empresa minera sobre la frontera de posibilidades de producción, ésta última construida a partir de un conjunto de inputs y de *output deseables y no deseables*.

El proceso productivo minero fue caracterizado como aquel en el cual las empresas mineras generan un *output deseable*, producción minera medida en millones de dólares, mediante el empleo de un conjunto de factores productivos, denominados inputs. Como resultado de ello se generan contaminantes, *output no deseables*, los cuales son depositados en las fuentes hídricas ubicadas en las áreas cercanas a la actividad minera. De esta manera, se produce la contaminación minera sobre los recursos hídricos, cuyo costo marginal o precio sombra, fue aproximado a partir del valor monetario que las empresas mineras dejarían de ganar si tuvieran que reducir en 1 mg/l la contaminación ambiental que generan. A partir de los precios sombra se calculó el costo económico de la contaminación ambiental minera, mediante el producto de dichos precios sombra según parámetro contaminante, por los LMP promedios anuales emitidos en los recursos hídricos por las unidades mineras bajo estudio.

El costo económico fue calculado a partir de metodologías no paramétricas y paramétricas para un conjunto de 28 y 37 unidades mineras de la gran y mediana minería para los años 2008 y 2009, respectivamente; las cuales estuvieron bajo el ámbito de la Campaña Nacional de Monitoreo Ambiental de Efluentes y Recursos Hídricos que realizó el OSINERGMIN en dichos años, cuyo objetivo fue verificar el cumplimiento de los niveles máximos permisibles en los efluentes, así como la calidad de las aguas de los cuerpos receptores vinculados a las actividades de las empresas mineras-metalúrgicas. Los resultados del estudio indicaron que en el año 2008 el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos ascendió, en promedio, a US\$ 814.7 millones, y en el 2009 a US\$ 448.8 millones, siendo el costo en ambos años mayor cuando se aplicaron metodologías paramétricas. Dicho costo económico estuvo altamente concentrado en pocas unidades productivas, resultó ser mayor en unidades mineras con producción media/baja de minerales y estuvo concentrado en pocos parámetros de contaminación, siendo los sólidos total suspendidos el parámetro más contaminante en ambos años, pues explicó, en promedio, el 51.4% del costo económico.

Los resultados derivados del análisis de la varianza (ANOVA) y de las regresiones Tobit no permitieron identificar, a partir de variables institucionales, espaciales y operacionales, un patrón recurrente para explicar el costo económico de la contaminación minera sobre los recursos hídricos para los años estudiados. Por tanto, podría señalarse que los determinantes de dicho costo económico estarían más asociados a los factores que determinan la gestión ambiental del proceso productivo minero, como por ejemplo el tratamiento de los químicos que se emplean para la obtención de los minerales, la manipulación de los explosivos que se emplean en las fases de explotación, la gestión de las plantas de tratamiento de relaves mineros, entre otros similares; lo cual estaría en línea con los hallazgos encontrados por OSINERGMIN (2009).

A partir de los precios sombra estimados se simuló las multas que deberían haber sido establecidas en el 2008 y 2009 a aquellas unidades mineras que excedieron los LMP promedios anuales establecidos en la normativa. Estas multas fueron estimadas al multiplicar los precios sombra por el exceso de dichos LMP normativos, las cuales ascendieron en los años 2008 y 2009, en promedio, a US\$ 647.9 millones y US\$ 308.3 millones, respectivamente. En el 2008, 26 de las 28 unidades mineras estudiadas, y en el 2009, 27 de las 37 unidades evaluadas, excedieron algún LMP promedio anual. Además, y similar a los resultados obtenidos para el costo económico de la contaminación ambiental minera, las multas simuladas estuvieron concentradas en pocas unidades mineras y pocos parámetros de contaminación, así como en unidades mineras con producción media/baja de minerales. El patrón de comportamiento común encontrado en las unidades mineras que explicaron un alto porcentaje del monto de las multas, resultó ser que todas excedieron en cantidades descomunales al menos algún LMP normativo.

Un hecho que llama la atención fue que tanto en el 2008 como en el 2009 las unidades productivas que explicaron el mayor porcentaje del monto de las multas fueron unidades metalúrgicas y no mineras, lo cual podría estar indicando que en zonas de actividad minera no estudiadas aquí, las unidades metalúrgicas podrían estar ocasionando una elevada contaminación, mayor a la ocasionada por las unidades mineras. De otro lado, cabe indicar que todas las unidades de la muestra cumplieron en el 2008 y 2009 con los promedios anuales de los LMP correspondientes al cianuro total, razón por la cual no generaron multas por ese contaminante en ambos años. Sobre este mismo punto, cabe señalar que en el 2008 las unidades mineras evaluadas excedieron el promedio anual de los LMP en diversos parámetros contaminantes, hecho contrario a lo sucedido en el 2009, en el cual todas las unidades de la muestra cumplieron, además del LMP del cianuro total, con aquellos referidos al potencial de hidrógeno, cromo y níquel.

Las multas simuladas en este estudio excedieron ampliamente a las que OSINERGMIN estableció en el 2008 y 2009, las cuales ascendieron a US\$ 4.3 millones y US\$ 5.9 millones, respectivamente, mientras que las calculadas en este estudio, ascendieron, en promedio, a US\$ 647.9 millones en el 2008 y a US\$

308.3 millones en el 2009. Es decir, en ambos años las multas establecidas por el OSINERGMIN representaron solo el 1.1% de aquellas simuladas en el presente estudio (ascendentes a US\$ 956.2 millones en total para ambos años). Además, las multas aquí calculadas en los 2 años bajo estudio, superaron con creces el monto de las multas que este organismo impuso en el período 2007-2010, las cuales fueron de US\$ 36 millones. Esta amplia diferencia se explica por el hecho de que la primeras han sido calculadas sobre la base del valor de mercado de la contaminación que han generado las unidades mineras, mientras las últimas han sido determinadas sobre la base de criterios administrativos. En ese sentido, podría señalarse que el precio de la contaminación, expresado en valores de mercado, dado que aproximan a partir de los ingresos de las propias empresas mineras, la contaminación que generan sus actividades productivas, constituyen una mejor aproximación del valor de las multas que debieran pagar dichas empresas por contaminar los recursos hídricos; y constituirían así un mejor mecanismo disuasivo que el actualmente vigente, para generar que las empresas mineras internalicen las externalidades negativas que se desprende de su proceso productivo.

Los resultados encontrados resaltan la necesidad de rediseñar el actual sistema de sanciones y multas en el sector minero con la finalidad de generar los incentivos para que las empresas mineras internalicen la contaminación ambiental que generan sus actividades productivas. Lamentablemente, en la actualidad, el marco normativo de multas se encuentra basado en criterios administrativos que sanciona las infracciones a partir de una escala monetaria fija (unidad impositiva tributaria), y no sobre la base de criterios económicos, basado en el potencial daño ambiental que podría generarse. Esta necesidad es realizada por la promulgación del Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM en agosto del 2010, el cual otorgó un período de 20 meses, contado a partir de agosto del 2010, para que las empresas mineras que operan actualmente en el país, adecuen sus procesos productivos para cumplir con los LMP. Este plazo incluso podría extenderse hasta los 36 meses, si la empresa minera decide invertir en nueva infraestructura de tratamiento para el cumplimiento de los LMP. Por tanto, hasta abril del 2012, o en su defecto hasta agosto del 2013, las empresas mineras-metalúrgicas podrán seguir excediendo los LMP normativos y no ser sancionadas, dado que el marco normativo actual lo permite.

En la actual coyuntura la OEFA-MINAM requiere potenciar sus capacidades técnicas, con la finalidad de que se convierta en una institución capaz de hacerse responsable de la importante tarea de fiscalización y sanción en el sector minero-metalúrgico. Esta tarea será amplia, considerando que es una institución relativamente nueva, que recién en octubre del 2010 recibió del OSINERGMIN las competencias de supervisión y fiscalización del sector minero. Una de las tareas urgentes que debiera realizar la OEFA-MINAM será la de desarrollar e implementar un sistema de sanciones disuasivo basado en criterios económicos, que se nutra de los 4 componentes propuestos en el presente estudio. Para ello se requieren hacer previamente cambios al Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM,

los cuales adicionales a reestablecer el sistema de sanciones (dado que actualmente no se encuentra en funcionamiento) pero sobre la base de criterios económicos, debiera incluir modificaciones con respecto a la entidad responsable del recojo de las muestras de aguas en los puntos de monitoreo de las empresas mineras (pues actualmente las empresas mineras son las responsables de dicho recojo), la temporalidad de dicho recojo (el cual debe ser mensual y no anual, como actualmente se establece), así como la metodología que debe seguir la toma de dichas muestras de agua, la cual debiera ser inopinada (en la cual las muestras de agua se toman sin informar previamente a la empresa minera). Adicionalmente, debiera establecerse el marco de escala de multas y sanciones propio de la OEFA-MINAM, basado en criterios económicos, pues el actualmente vigente corresponde al OSINERGMIN y está basado en criterios administrativos. Estos cambios normativos en su conjunto permitirán garantizar la transparencia e imparcialidad del proceso de fiscalización, así como la implementación, puesta en marcha y buen funcionamiento del Sistema de Sanciones Ambientalmente Eficiente propuesto en este estudio.

La necesidad de contar con un sistema de multas y sanciones que sea verdaderamente disuasivo, basado en criterios económicos y no administrativos, es realizada por la importancia que la actividad minera tendrá en el futuro cercano en el país. Así, se espera que en el período 2012-2016, las inversiones en el sector asciendan a US\$ 25,346 millones, monto 200.0% mayor a lo invertido en el sector en el período 2005-2009. Esto es compatible con el hecho de que el desarrollo actual de los proyectos mineros representa solo el 1.0% del territorio nacional, existiendo un 10.0% de dicho territorio que ha sido concesionado pero que no ha sido explorado, por lo que se encuentra apto para la exploración minera.

Este potencial minero augura a futuro el desarrollo de una intensa actividad en el sector por lo que se requiere implementar un marco institucional ambiental sólido para evitar los problemas que la ausencia de éste acarrea. Uno de los mayores problemas que se genera es el de los conflictos sociales, los cuales según la Defensoría del Pueblo, hacia febrero del 2011, de un total de 234 conflictos sociales registrados, 113 conflictos (es decir el 48.3%), correspondieron a conflictos socioambientales. Así, considerando que la mayor parte de estos conflictos son generados por las empresas mineras mayormente en torno al agua (según Glave y Kuramoto, 2007), si bien es necesario reforzar las capacidades, las herramientas y los mecanismos para la promoción del diálogo y el manejo de conflictos sociales en el país, el tema de fondo para evitar estos conflictos, es establecer un marco normativo fortalecido vinculado a la fiscalización y sanción de las actividades minero-metalúrgicas, del cual se carece en el país.

Finalmente, debe advertirse que los cálculos realizados sobre el costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos, así como de las correspondientes multas, subestima la verdadera valoración ambiental del daño que las empresas mineras generan en el medio ambiente. Esto debido a que muchos de los yacimientos mineros se encuentran en cabeceras de cuenca o zonas

donde existen lagunas, bosques secos o de neblina con una rica biodiversidad, páramos o zonas de riego; por lo que las operaciones mineras no solo afectan los recursos hídricos, sino también otros recursos naturales. Por tanto, el daño ambiental es más amplio, dado que se afecta el ecosistema de una localidad en su conjunto, en lo que concierne a la calidad de las aguas superficiales, que a su vez pone en riesgo la desaparición de la fauna y la flora acuática; la contaminación del aire que genera problemas respiratorios y en la piel; la contaminación de las aguas subterráneas debido al drenaje ácido de la mina; la degradación del suelo y sus efectos nocivos sobre la agricultura, lo que además acarrea graves consecuencias sobre la cadena alimenticia y la salud.

Por tanto, las multas, aún cuando se han estimado sobre la base de criterios económicos, no son necesariamente congruentes con aquellas de “real impacto” en el medio ambiente. En ese sentido, a lo que debería apuntarse a futuro es al desarrollo de un sistema de multas por impacto de los contaminantes en el medio ambiente y no por el volumen del contaminante emitido, es decir no basado en un sistema que sancione si se excede o no un LMP normativo, sino por el daño económico que se genera. Un paso intermedio hacia ese sistema de sanciones, es avanzar con propuestas para la implementación de un sistema de multas y sanciones basadas en criterios económicos para el resto de recursos naturales afectados por las actividades mineras-metalúrgicas, como el aire y el suelo por ejemplo. Esta tarea, así como el estudio de metodologías para analizar la contaminación que generan las empresas de la minería informal (no estudiada en la presente investigación) constituyen líneas para futuras investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

AIGNER, D. J. y S. CHU. "On Estimating the Industry Production Function". EN: *American Economic Review*. Volumen. 58. Septiembre 1968. pp. 826-839.

BIROL, E., KAROUSAKIS, K; y P. KOUNDOURI. "Using economic methods and tools to inform water management policies: A survey and critical appraisal of available methods and an application". EN: *Science of the Total environment*. Volumen. 365(1-3). Julio 2006. pp 105–122.

CHARNES, A.; COOPER, W. y RHODES, E. "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". EN: *European Journal of Operational Research*. Volumen 2. 1978. pp. 429-444.

COGGINS, J.S. y J.R. SWINTON. "The price of pollution: A dual approach to valuing SO<sub>2</sub> allowances". EN: *Journal of Environmental Economics and Management*. Volumen 30. 1996. pp. 58-72.

COELLI, T; PERELMAN, S; y D. VAN LIERDE. "CAP Reforms and Total Factor Productivity Growth: An Analysis of Belgian Farm-level Data". Documento preparado para el 26va Conference of the International Association of Agricultural Economists (IAAE) realizada del 12-18 de agosto del 2008. Australia.

CONSEJO DE LA MINERÍA AMBIENTAL DE LA COLUMBIA BRITÁNICA. Drenaje Ácido de la Minería: Minería y Contaminación de Agua en la Columbia Británica, Canadá, 2000.

DE ROSA, C. Y LYON, J. "Sueños dorados, sueños envenenados". Centro de Política Minera, Washington, D.C. 1997.

DE BORGER, B. Y KERSTENS, K. "Cost efficiency of Belgian local governments: A comparative analysis of FDH, DEA, and econometric approaches", *Regional Science and Urban Economics*, 26, 145-170, 1996.

DEFENSORÍA DEL PUEBLO DEL PERÚ. Reporte de Conflictos Sociales N° 84. Adjuntía para la prevención de conflictos sociales y la gobernabilidad. 2011.

ESTUDIOS MINEROS DEL PERÚ. Manual de Minería. 2005. Lima.

FÄBER, M. y J.L.R. PROOPS. "National Accounting, Time and The Environment: A Neo-Austrian Approach". EN: Costanza, R. (Editores). *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. New York: Columbia University Press. 1991.



FÄRE, R., GROSSKOPF, S., LOVELL, C.A.K., y C., PASURKA. "Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs Are Undesirable: A Nonparametric Approach". EN: *The Review of Economics and Statistics*. MIT Press. Volumen 71(1). 1989. pp. 90-98.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S.C., LOVELL, K. y S. YAISAWARNG. "Derivation of shadow prices for undesirable outputs: A distance function approach". EN: *The review of Economics and Statistics*. Volumen 75. 1993. pp. 374-380.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S., NOH, D.-W. y W. WEBER. "Characteristics of a polluting technology: Theory and practice". Mimeo. 2003.

FRASER INSTITUTE ANNUAL. Survey of Mining Companies. 2009/2010. 2010

GLAVE, M. y J. KURAMOTO. "Minería, minerales y desarrollo sustentable en Perú". EN: *Minería, minerales y desarrollo sustentable*. Londres. CIIPMA; IDRC; IIED. 2002. pp. 529-591.

GLAVE, M. y J. KURAMOTO. "La minería peruana: lo que sabemos y lo que aún nos falta por saber". En: Investigación, políticas y desarrollo en el Perú. Lima: GRADE, 2007. p. 135-181.

GOLLOP, F. M. y G. P., SWINAND. "From Total Factor Productivity to Total Resource Productivity: An Application to Agriculture". EN: *American Journal of Agricultural Economics*. Volumen 80 (3). Agosto 1998. pp. 577-583.

GREENE, W. "On the Asymptotic Bias of the Ordinary least Squares estimator of the Tobit Model". *Econometrica* 49:505-513, 1981.

GREENE W. *Econometric Analysis* 6<sup>th</sup>. Edition. New Jersey: Pearson-Prentice Hall, 2008.

HERNÁNDEZ, F., PICAZO, A. J., y E. REIG. "Análisis no paramétrico de eficiencia en presencia de output no deseables". Documento de Trabajo 97-09. 1997. Instituto Valenciano de Investigaciones económicas.

KOUNDOURI, P. "Three approaches to measuring natural resource scarcity: theory and application to groundwater". Tesis (Doctorado). 2000. Departamento de Economía. Universidad de Cambridge, Inglaterra.

KRUTILLA, J.V. Conservation reconsidered. *Am Econ Rev* 57 (3):777-86. 1967.

LEE, J.D., PARK, J.B., y T. Y. KIM. "Estimation of the shadow prices of pollutants with production/ environment inefficiency taken into account: A

nonparametric directional distance function approach”. EN: *Journal of environmental management*. Volumen 64, 2002. pp. 365-375.

LOVELL, C. “Production Frontiers and Productive Efficiency”. EN: Fried, H., Lovell, C. y S. Schmidt (Editores). *The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications*. Nueva York. Oxford University Press. 1993. pp. 3-67.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS. Informe Preelectoral Administración 2006-2011. 2011. Lima.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Inventario de Pasivos Ambientales Mineros. Informe Preliminar. 2006. Lima.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Anuario Minero 2008. 2008. Lima.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Perú. Anuario Minero. Annual Mining Report 2009. 2010. Lima.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Pasivos Ambientales Mineros. 2011. Lima.

NÚÑEZ-BARRIGA, A. y I. CASTAÑEDA-HURTADO. “Environmental Management in a Heterogeneous Mining Industry: The Case of Peru”. EN: WARHURST, A. (Editor). *Mining and the Environment*. Ottawa: International Development Research Centre. 1999.

ORGANISMO SUPERVISOR DE INVERSIÓN ENERGÍA Y MINERÍA. Conservación y Protección del Ambiente en la Minería Polimetálica. Resultados de la Supervisión Ambiental 2008. Gerencia de Fiscalización Minera. Diciembre 2009. Lima.

ORGANISMO SUPERVISOR DE INVERSIÓN ENERGÍA Y MINERÍA. Balance de la Fiscalización en el Sector Minero: Febrero 2007- Abril 2008. 2008. Lima.

ORGANISMO SUPERVISOR DE INVERSIÓN ENERGÍA Y MINERÍA. Bases de los Procesos de Selección N° 01-2008-OSINERGMIN-GFM, N° 02-2008-OSINERGMIN-GFM y N° 03-2009-OSINERGMIN-GFM. 2008 - 2009. Lima.

PEARCE, D.W. Lecture notes. London, UK: University College London. 2001

PEARCE D.W. y K. TURNER. Economics of natural resources and the environment. Harvester Wheatsheaf. 1990.

PICAZO *et. al.* “La medición de la eficiencia medioambiental”. EN: ÁLVAREZ, A. (Coordinador). *La medición de la eficiencia y productividad*. Ediciones Pirámide, Madrid. 2001.

PIGOU, A.C. “The Economics of Welfare”. London: Macmillan. 1920.

PITTMAN, R.W. “Issues in pollution control: Interplant cost differences and economies of scale”. EN: *Land economics*. Volumen 57. 1981. pp.1-17.

PITTMAN, R.W. “Multilateral productivity comparisons with undesirable outputs”. EN: *Economic Journal*. Volumen 93. 1983. pp. 883-891.

POLLAK, R.A., Sickles, R.C. y T.J. WALES. “The CES-Translog: Specification and Estimation of a New Cost Function”. EN: *The review of economics and statistics*. Volumen 66 (4). 1984. pp. 602-607.

RAO, P.K. “Sustainable development: Economics and policy”. Malden Blackwell Publishers. 2000.

REIG-MARTÍNEZ, E., PICAZO, A. y F. HERNÁNDEZ. “The Calculation of Shadow Prices for Industrial Wastes Using Distance Functions: An Analysis for Spanish Ceramic Pavements Firms”. EN: *International Journal of Production Economics*. Volumen 69:3. Febrero, 2001. pp. 277-285.

SALNYKOV, M. y V. ZELENYUK. "Estimation of Environmental Efficiencies of Economies and Shadow Prices of Pollutants in Countries in Transition". Documento de Trabajo. 05-06e. EERC Research Network, Russia and CIS. 2005.

SHEPHARD, R.W. “Theory of cost and production functions”. Princeton. Princeton University Press. 1970.

SWINTON, J.R. “At what cost do we reduce pollution? Shadow prices of SO<sub>2</sub> emissions”. EN: *Energy Journal*. Volumen 19. 1998. pp. 63-83.

TORRES, V. *Minería Artesanal y a Gran Escala en el Perú: El caso del Oro*. Lima: Cooperación Solidaria. 2007.

VERBEEK, M. *A Guide to Modern Econometrics*. 3<sup>rd</sup> Edition. John Wiley and Sons. 2008.

WORTHINGTON, A. Y DOLLERY B. (2000a). Efficiency Aspects of NSW Local Governments’ Domestic Waste Management Service. Working Paper Series in Economics ISSN 1442 2980. School of Economic Studies. University of New England.

## ANEXOS

### **Anexo 01. Alcances de la Campaña Nacional de Monitoreo Ambiental de Efluentes y Recursos Hídricos 2008-2009<sup>63</sup>**

- Los monitoreos realizados fueron individualizados según cada unidad productiva minera, para lo cual se elaboraron los Planes de Monitoreo respectivos, los cuales fueron aprobados por el OSINERGMIN antes de su ejecución.
- Los Planes de Monitoreo fueron elaborados por cada unidad productiva minera, previa a una visita de campo para la verificación de la ubicación y características de los puntos de monitoreo y particularidades de la zona. Los puntos de monitoreo fueron propuestos por las empresas supervisoras, para lo cual consideraron las referencias de las Zonas Minero Priorizadas, y los instrumentos de gestión ambiental establecidos por el MINEM, así como el criterio técnico del supervisor.
- El OSINERGMIN se reservó el derecho de supervisar el cumplimiento del plan de monitoreo y el cronograma de su ejecución. Cabe indicar que los Planes de Monitoreo pudieron ser modificados antes del inicio de cada campaña de monitoreo, para ello la empresa supervisora entregó a el OSINERGMIN la reprogramación respectiva al menos 3 días antes de iniciarse la campaña de monitoreo.
- Para la ubicación de los puntos de monitoreo se consideraron como prioritarios los efluentes minero-metalúrgicos y los cuerpos receptores aguas arriba y aguas abajo de las descargas de estos efluentes. En lo que respecta a los puntos de cuerpos receptores aguas abajo de los efluentes, se realizaron mediciones adicionales de contraste y verificación para los parámetros de campo: conductividad eléctrica y pH.
- La frecuencia de muestreo fue de 3 veces al día durante 3 días por punto de monitoreo como mínimo. Los horarios de monitoreo abarcaron horas diurnas y nocturnas por un periodo entre 5 a 10 días, conforme a los planes de monitoreo aprobados.
- La ejecución de los monitoreos se realizó en forma aleatoria, para ello el OSINERGMIN comunicó a la empresa supervisora con uno o dos días previos a su ejecución.
- La cantidad mínima de profesionales por cada región fue de cuatro. Los profesionales propuestos pertenecieron a la nómina de la empresa supervisora y al Registro de Fiscalizadores de Medio Ambiente de OSINERGMIN. Cada Campaña de Monitoreo estuvo conformada por dos cuadrillas, estando cada una de estas compuesta por un supervisor y un técnico de laboratorio.
- Cada Campaña de Monitoreo se efectuó en un periodo de 5 a 8 días. En los casos considerados como necesarios y previa justificación, el OSINERGMIN amplió este periodo.

---

<sup>63</sup> Elaborado sobre la base de los documentos: (i) Bases del Proceso de Selección N° 01-2008-OSINERGMIN-GFM, (ii) Bases del Proceso de Selección N° 02-2008-OSINERGMIN-GFM y (iii) Bases del Proceso de Selección N° 03-2009-OSINERGMIN-GFM.

- El análisis de metales en las muestras se realizó mediante el método de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP). Para el caso del cianuro y mercurio se emplearon metodologías correspondientes. El límite de detección debió ser de por lo menos en una décima menor a los valores límites de la normatividad en la materia, salvo que por la metodología empleada esto no fuera posible.
- Los análisis físico-químicos se realizaron en laboratorios que hayan dispuesto del método de ensayo ICP acreditado ante el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). Dicha acreditación debió corresponder como mínimo a los siguientes parámetros: pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Sólidos totales en Suspensión, plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn), Arsénico (As), Cadmio (Cd), mercurio (Hg), cromo (Cr), níquel (Ni), selenio (Se) y hierro (Fe). Adicionalmente se presentaron los resultados analíticos de los demás parámetros del método ICP. La Empresa Supervisora debió presentar el nombre del laboratorio con el que trabajó las supervisiones.
- La medición del caudal se realizó en cada punto de monitoreo. La medición de los parámetros pH, Oxígeno Disuelto, Temperatura y Conductividad Eléctrica se realizó en el campo, mientras que el análisis físico químico de los parámetros Sólidos en Suspensión y Metales (Pb, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Cr, Ni, Se y Fe) se realizaron en el laboratorio. Para el análisis de los metales en fase disuelta, las muestras de efluentes fueron filtradas en el campo.
- Como parte del control de calidad del muestreo, el laboratorio debió contar con los Certificados de Calibración y de Verificación de cada equipo, aplicó los procedimientos QA/QC, aplicó los blancos de filtro, blancos de campo, blancos de transporte, blancos de muestreador, blancos de frascos, blancos de filtros, blancos de preservantes y contramuestras. Los certificados de verificación, debieron tener como mínimo un año de vigencia.
- El OSINERGMIN comunicó oportunamente a las empresas supervisoras los puntos y días que se tomarán las contramuestras. El total de éstas no excedieron el 20.0% del total de muestras, de las cuales se escogieron hasta un 25.0% para los análisis de contrastación y verificación. Estas contramuestras estuvieron a disposición de el OSINERGMIN al menos por 3 meses luego de culminada la Campaña de Monitoreo. La empresa supervisora debió prever y contratar con el laboratorio los análisis de las muestras de contrastación y verificación, mediante el método ICP y el método respectivo para el caso de cianuro y mercurio.
- Para evaluar los resultados analíticos se realizó el balance de carga, el análisis del estándar ICP y el análisis de duplicados de laboratorio.
- A los 3 días de finalizada cada Campaña de Monitoreo la empresa supervisora hizo llegar al OSINERGMIN el cronograma de monitoreo ejecutado, las oportunidades de mejora y la relación de las contramuestras tomadas.

## Anexo 02. Variable output deseable, output no deseable e input de las unidades mineras bajo estudio, año 2008

REGIÓN, EMPRESA Y UNIDAD MINERA			OUTPUT DESEABLE	OUTPUT NO DESEABLE														INPUT
Región	Empresa Minera	Unidad Minera	PRODUCCION TOTAL (Millones de US\$)	pH (niveles)	STS (mg/L)	Pb (mg/L)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Hg (mg/L)	Cr (mg/L)	Ni (mg/L)	Se (mg/L)	Fe (mg/L)	CN Total (mg/L)	COSTO TOTAL (Millones de US\$)	
Ancash	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	3785.2	7.9354	3.6485	0.0038	0.0067	0.0252	0.0047	0.0004	0.0002	0.0103	0.0036	0.0098	0.3574	0.0067	1249.1	
	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	Santa Luisa	75.3	7.7361	233.5180	0.0019	0.0583	0.4253	0.0165	0.0029	0.0002	0.0085	0.0178	0.0098	1.2506	0.0287	24.8	
	Minera Huallanca S.A.	Contonga	37.4	8.3583	55.0833	0.0665	0.0097	11.5928	0.0033	0.0328	0.0002	0.0060	0.0158	0.0098	0.3801	0.0050	12.3	
Arequipa		Pucarrajo	42.4	7.1074	12.5381	0.0075	0.1097	1.3189	0.0071	0.0067	0.0008	0.0067	0.0131	0.0098	0.5799	0.0330	14.0	
	Minera Bateas S.A.C.	San Cristóbal	54.9	7.8389	8.2400	0.0118	0.0056	0.0884	0.0301	0.0010	0.0006	0.0020	0.0024	0.0208	0.6340	0.0963	18.1	
	Cedimin S.A.C.	Chaquele	35.7	7.9744	6.7750	0.0100	0.0050	0.0393	0.0100	0.0010	0.0006	0.0025	0.0020	0.0200	0.0542	0.0057	11.8	
	Compañía Minera Ares S.A.C.	Ares	80.6	8.2825	58.5786	0.0303	0.0214	0.0226	0.0233	0.0015	0.0006	0.0023	0.0024	0.0260	0.1093	0.0582	26.6	
		Arcata	174.9	8.1630	158.9148	0.0100	0.0030	0.0349	0.0213	0.0010	0.0006	0.0022	0.0020	0.0230	0.0664	0.0045	57.7	
	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Orcopampa	233.6	7.7426	7.2750	0.0185	0.0081	0.0755	0.0093	0.0011	0.0006	0.0023	0.0148	0.0203	0.0890	0.0069	77.1	
Huancavelica	Castrovirreyna Compañía Minera S.A.	San Genaro	36.0	8.1966	107.9904	0.1690	0.6780	2.4505	0.5026	0.0310	0.0012	0.0049	0.0199	0.0491	10.1417	0.0001	11.9	
	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Julcani	28.9	8.0744	12.2023	0.0481	3.2618	0.0820	0.0128	0.0025	0.0006	0.0024	0.0032	0.0227	0.1386	0.0001	9.6	
		Recuperada	20.3	7.2210	13.1603	0.0100	0.0035	0.1415	0.0612	0.0013	0.0006	0.0020	0.0022	0.0200	0.0853	0.0001	6.7	
	Compañía Minera Caudalosa S.A.	Huachocolpa Uno	41.4	10.0565	84.0129	0.0360	0.0702	17.9149	0.0293	190.4924	0.0006	0.0023	0.0409	0.0263	0.2521	0.0001	13.7	
Junín	Volcan Compañía Minera SAA	Andaychagua	169.8	8.5683	12.8369	0.0113	0.0073	0.0436	0.1550	0.0013	0.0006	0.0021	0.0031	0.0256	0.0650	0.0001	56.0	
		Carahuacra	74.9	8.3493	21.5197	0.0133	0.0072	0.2920	0.0132	0.0025	0.0006	0.0021	0.0058	0.0393	0.1320	0.0001	24.7	
		San Cristóbal / Mahr Túnel	251.1	6.1951	677.1327	0.1303	1.9503	38.5680	0.0171	0.0431	0.0006	0.0021	0.0550	0.0346	25.9741	0.0001	82.9	
	Doe Run Perú SRL	Complejo Metalúrgico La Oroya	1259.6	8.5100	7.0400	0.0264	0.0991	1.4185	0.2226	0.0172	0.0017	0.0023	0.0069	431.4803	0.0505	0.0001	415.7	
La Libertad	Pan American Silver S.A. - Mina Quiruvilca	Quiruvilca	64.7	7.0213	56.1699	0.0006	0.0226	1.0889	0.0934	0.0110	0.0027	0.1841	10.9538	0.0033	0.0160	0.2656	21.4	
	Compañía Minera San Simón S.A.	La Virgen	65.0	5.5953	389.3326	0.0093	0.0296	1.3521	2.4787	0.0232	0.0528	65.5903	208.2514	0.3889	0.0770	0.1980	21.5	
	Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	148.5	5.1657	30.8889	0.1065	0.0200	0.2234	0.0100	0.0081	0.0020	0.5032	0.2604	0.0977	0.0126	0.1881	49.0	
Lima	Empresa Minera Los Quenuales S.A.	Casapalca	151.3	7.7487	29.8369	0.0263	0.0562	0.3136	0.0205	0.0019	0.0006	0.0035	0.0036	0.0359	0.0572	0.0001	49.9	
	Compañía Minera Casapalca S.A.	Americana	121.8	8.3489	11.7111	0.0205	0.1822	1.3413	0.0121	0.0026	0.0006	0.0090	0.0026	0.0300	0.0840	0.0001	40.2	
	Votorantim Metais - Cajamarquilla S.A	Refinería Cajamarquilla	301.4	7.5567	16.8429	0.0050	0.0499	6.4943	0.0211	0.0239	0.0006	0.0026	0.0084	0.0813	0.1468	0.0001	99.5	
Pasco	Chancadora Centauro S.A.C.	Quicay	41.5	7.5065	16.1187	0.0027	0.0401	0.0620	0.0058	0.0012	0.0002	0.0060	0.0086	0.0098	0.8364	0.0001	13.7	
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	500.6	7.8940	231.7333	0.0178	0.0179	2.7341	0.0080	0.0057	0.0004	0.0060	0.0189	0.0098	2.6230	0.0001	165.2	
	Sociedad Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	360.7	10.7778	25.8773	0.1407	1.2266	0.2951	0.0036	0.0006	0.0002	0.0031	0.0294	0.0124	0.5266	0.0001	119.0	
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animón	286.7	7.7415	62.5970	0.0057	0.0072	0.1887	0.0489	0.0006	0.0002	0.0318	0.0097	0.0098	1.0203	0.0001	94.6	
	Pan American Silver S.A.	Huarón	112.2	8.0993	24.6667	0.0086	0.5373	0.8766	0.0130	0.0028	0.0002	0.5063	0.0402	0.0099	1.0470	0.0001	37.0	
Media			305.6	7.8488	84.8658	0.0339	0.3034	3.1966	0.1377	6.8115	0.0026	2.3896	7.8499	15.4477	1.6717	0.0321	100.8	
Desv. Std			723.7	1.0989	146.4785	0.0460	0.7250	7.9868	0.4698	35.9981	0.0099	12.3869	39.3292	81.5348	5.1352	0.0697	238.8	
Max			3785.2	10.7778	677.1327	0.1690	3.2618	38.5680	2.4787	190.4924	0.0528	65.5903	208.2514	431.4803	25.9741	0.2656	1249.1	
Min			20.3	5.1657	3.6485	0.0006	0.0030	0.0226	0.0033	0.0004	0.0002	0.0020	0.0020	0.0033	0.0126	0.0001	6.7	

Elaboración propia

### Anexo 03. Variable output deseable, output no deseable e input de las unidades mineras bajo estudio, año 2009

REGIÓN, EMPRESA Y UNIDAD MINERA			OUTPUT DESEABLE	OUTPUT NO DESEABLE													INPUT
Región	Empresa Minera	Unidad Minera	PRODUCCION TOTAL (Millones de US\$)	pH (niveles)	STS (mg/l)	Pb (mg/l)	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Hg (mg/l)	Cr (mg/l)	Ni (mg/l)	Se (mg/l)	Fe (mg/l)	CN total (mg/l)	COSTO TOTAL (Millones de US\$)
Ancash	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	El Recuerdo	18.6	7.8682	26.4808	0.0131	0.0113	0.4791	0.0026	0.0030	0.0001	0.0066	0.0045	0.0015	0.0417	0.0155	6.1
		Santa Luisa (Huanzala)	91.4	7.6407	22.9889	0.0115	0.0033	0.3679	0.0113	0.0042	0.0001	0.0009	0.0152	0.0013	0.8972	0.0453	30.2
		Berlín	6.4	6.8328	66.5593	0.0329	0.4442	4.8848	0.1647	0.1088	0.0001	0.0005	0.0201	0.0006	9.8326	0.0042	2.1
	Minera Huallanca S.A.	Pucarrajo	4.9	7.0408	11.9607	0.0064	0.0066	2.4412	0.0165	0.0070	0.0001	0.0010	0.0104	0.0006	0.9644	0.0044	1.6
		Contonga	21.3	7.7931	29.7784	0.0369	0.2417	6.1995	0.0027	0.0339	0.0001	0.0011	0.0112	0.0025	0.0613	0.1977	7.0
Arequipa	Compañía Minera Antamina S.A.		2903.2	7.7116	5.6458	0.0042	0.0027	0.0292	0.0069	0.0007	0.0001	0.0016	0.0059	0.0016	0.0149	0.0042	958.1
	Minera Bateas S.A.C.	San Cristobal	74.0	8.1296	10.9472	0.0304	0.0021	0.0647	0.0170	0.0011	0.0006	0.0009	0.0032	0.0015	0.1299	0.0052	24.4
	Cedimin S.A.C	UEA Chaquell	24.7	7.5333	6.9821	0.0044	0.0030	0.0341	0.0021	0.0015	0.0003	0.0009	0.0085	0.0005	0.1114	0.0048	8.2
	Cia. Minera Ares S.A.C.	Ares	209.4	6.9085	20.9426	0.0028	0.0233	0.0366	0.0188	0.0007	0.0007	0.0006	0.0065	0.0032	0.1348	0.1438	69.1
		Arcata	51.2	8.2281	5.3250	0.0066	0.0006	0.0126	0.0223	0.0009	0.0001	0.0010	0.0021	0.0004	0.0500	0.0029	16.9
	Cia Minera Buenaventura S.A.A.	Orcopampa	268.5	8.0388	9.8576	0.0063	0.0043	0.0499	0.0036	0.0011	0.0001	0.0010	0.0223	0.0014	0.1280	0.0038	88.6
	Cajamarca	Minera Yanacocha S.R.L	Chapuliloma Sur	2046.9	7.4506	5.8889	0.0414	0.1268	0.1538	0.5750	0.0037	0.0009	0.0100	0.0054	0.0323	0.0318	0.0166
Huancavelica	Cia Minera Caudalosa S. A.	Huachocolpa Uno	45.6	7.6756	17.8519	0.0021	0.0289	11.4305	0.0256	0.1037	0.0009	0.0291	0.0399	0.0098	0.2519	0.0151	15.0
	Cia. de Minas Buenaventura S. A. A.	Recuperada	10.7	7.3454	10.2592	0.0012	0.0037	0.2397	0.0343	0.0006	0.0001	0.0109	0.0076	0.0098	0.1272	0.0023	3.5
		Julcani	30.2	8.0881	7.3889	0.0015	0.0079	0.0730	0.0012	0.0018	0.0001	0.0051	0.0205	0.0098	0.1278	0.0022	10.0
Junin	Castrovirreyna Cia. Minera S.A.		26.4	7.9049	44.8580	0.0121	0.0980	4.3345	0.0012	0.0266	0.0001	0.0030	0.0253	0.0098	0.2198	0.0036	8.7
	Volcan Cia. Minera S.A.A.	Andaychagua	144.7	8.2857	14.0555	0.0033	0.0061	0.0598	0.0935	0.0003	0.0002	0.0031	0.0061	0.0098	0.1722	0.0119	47.8
		San Cristobal/Mahr Túnel	221.6	6.4769	100.1296	0.0337	1.7905	16.0352	0.0104	0.0393	0.0001	0.0030	0.0196	0.0098	19.8778	0.0086	73.1
	Carahuacra		49.9	7.1064	515.2716	0.0843	0.4148	25.3216	0.0064	0.0187	0.0001	0.0030	0.0578	0.0098	12.5309	0.0066	16.5
	La Libertad	Pan American Silver S.A	Quiruvilca	59.5	6.7893	184.3034	0.0300	0.0878	1.9449	0.0448	0.0269	0.0005	0.0100	0.0097	0.0232	1.4617	0.0619
Cia. Minera San Simón S.A.		La Virgen	93.9	7.0350	124.5429	0.0100	4.2374	0.0826	0.2450	0.0180	0.0005	0.0300	0.1480	0.0020	5.3425	0.0060	31.0
Cia. Minera Aurífera Santa Rosa S.A.		Santa Rosa	155.3	5.7676	82.0909	0.0431	0.7462	0.3000	0.0275	0.0081	0.0486	0.0100	0.1599	0.0225	1.6908	0.0924	51.3
Consorcio Minero Horizonte S.A.		Acumulación Parcoy	156.8	8.2830	8.3932	0.0175	0.0050	0.0196	0.1828	0.0030	0.0005	0.0100	0.0041	0.0097	0.0958	0.0124	51.7
Cia. Aurífera Real Aventura		Culebrillas	7.1	7.6772	19.2222	0.0403	0.0116	0.9338	0.0414	0.0081	0.0005	0.0100	0.0038	0.0020	0.0967	0.0050	2.3
Cia. Minera Poderosa S.A.		Unidad La Libertad (Pataz)	13.3	8.0369	28.3519	0.0324	0.0050	0.2930	0.3533	0.0045	0.2955	0.0100	0.0020	0.0258	0.0479	0.0063	4.4
Lima	Unidad Trujillo (Vijus)		75.9	7.5078	61.8444	0.0192	0.0050	0.2331	0.1682	0.0056	0.0283	0.0100	0.0029	0.0268	0.2263	0.2207	25.0
	Volcan Compañía Minera SAA	Ticlo	57.1	7.5850	5.0000	0.0100	0.0050	0.5815	0.0200	0.0040	0.0005	0.0100	0.0040	0.0200	0.0500	0.0385	18.8
	Compañía Minera Casapalca SA	Americana	118.1	7.7073	244.5000	0.0200	0.0182	1139.7108	0.0200	0.0037	0.0005	0.0100	0.0042	0.0325	0.0547	0.0075	39.0
	Empresa Minera Los Quenuales SA	Casapalca	128.5	7.5470	11.3205	0.0255	146.3850	246.1067	0.0289	0.0059	0.0005	0.0100	0.0099	0.0339	0.0568	0.0669	42.4
	Votorantim Metais- Cajamarquilla SA	Cajamarquilla	248.8	7.3432	13.4118	0.0267	0.0084	136.9045	0.0400	751.2543	0.0005	0.0100	0.0110	0.0360	0.2044	0.0292	82.1
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	320.5	7.3408	86.8785	0.0664	0.2555	2.6439	0.0157	0.0176	0.0004	0.0078	0.0091	0.0408	9.6422	0.0332	105.8
	Compañía Minera Chancadora Centauro S.A.	Quicay	49.8	7.7452	19.8980	0.0392	0.0467	0.0383	0.0200	0.0008	0.0020	0.0100	0.0093	0.0333	0.1020	0.0931	16.4
Pasco	Compañía Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	269.2	6.8878	41.8890	0.0269	3.5360	10.0656	0.0112	0.0831	0.0019	0.0100	0.1064	0.0450	39.0279	0.0252	88.8
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animon	171.7	7.8631	21.6431	0.0108	0.0056	0.1522	0.0161	0.0011	0.0010	0.0041	0.0063	0.0500	1.2236	0.0051	56.7
	Pan American Silver S.A.	Huaron	98.4	7.1611	80.1389	0.0680	0.6981	2.4750	0.3174	0.0540	0.0010	0.0128	0.0801	0.0545	31.7948	0.1356	32.5
	Compañía Minera Milpo S.A.A.	Milpo N° 1	175.9	8.1162	13.3062	0.0145	0.0212	0.4568	0.0129	0.0032	0.0010	0.0089	0.0050	0.0500	0.6234	0.0039	58.1
	Compañía Minera Atacocha S.A.A.	Atacocha	161.3	7.9333	13.3661	0.0135	0.0312	0.1820	0.0188	0.0019	0.0010	0.0342	0.0058	0.0506	0.1231	0.0112	53.2
Media Desv. Std Max Min			232.7	7.5239	53.8722	0.0229	4.3062	43.6587	0.0703	20.3206	0.0105	0.0081	0.0236	0.0182	3.7181	0.0366	76.8
			559.3	0.5498	93.7891	0.0200	24.0241	190.6832	0.1229	123.5027	0.0490	0.0080	0.0385	0.0176	8.8222	0.0554	184.6
			2903.2	8.2857	515.2716	0.0843	146.3850	1139.7108	0.5750	751.2543	0.2955	0.0342	0.1599	0.0545	39.0279	0.2207	958.1
			4.9	5.7676	5.0000	0.0012	0.0006	0.0126	0.0012	0.0003	0.0001	0.0005	0.0020	0.0004	0.0149	0.0022	1.6

Elaboración propia

**Anexo 04. Precios sombra de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología no paramétrica para el año 2008  
(US\$ / Unidad de contaminación)**

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIOS SOMBRA																										Total	
			Potencial de Hidrógeno (PH)		Sólidos Total Suspendidos (STS)		Plomo (PB)		Cobre (CU)		Zinc (ZN)		Arsénico (AS)		Cadmio (CD)		Mercurio (HG)		Cromo (CR)		Níquel (NI)		Selenio (SE)		Hierro (FE)		Cianuro total (CN)			
			US\$ / niveles	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%
Ancash	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	-4,637	3.7	-2,132	0.1	-2	0.3	-4	0.1	-15	0.0	-3	0.1	0	0.0	0	0.3	-6	0.0	-2	0.0	-6	0.0	-209	0.8	-4	0.6	-7,019	0.3
	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	Santa Luisa	-4,520	3.6	-136,452	8.6	0	0.1	-34	0.5	-249	0.4	-10	0.4	-2	0.0	0	0.3	-5	0.0	-2,078	1.6	-6	0.0	-731	2.7	-17	2.4	-144,103	6.1
	Minera Huallanca S.A.	Contonga	-4,884	3.9	-32,187	2.0	-39	5.4	-376	5.2	-6,774	11.6	-1	0.0	-8	0.0	0	0.3	-4	0.0	-9	0.0	-6	0.0	-248	0.9	-3	0.4	-44,539	1.9
Arequipa		Pucarrayo	-844	0.7	-7,326	0.5	-146	20.4	-64	0.9	-771	1.3	-4	0.2	-4	0.0	0	1.2	-4	0.0	-153	0.1	-6	0.0	-339	1.3	-19	2.8	-9,681	0.4
	Minera Bateas S.A.C.	San Cristóbal	-4,581	3.7	-4,815	0.3	-3	0.4	-3	0.0	-52	0.1	-18	0.7	0	0.0	0	0.8	-1	0.0	-1	0.0	-12	0.0	-370	1.4	-56	8.2	-9,913	0.4
	Cedimin S.A.C.	Chaquele	-4,660	3.7	-3,959	0.2	-6	0.8	-3	0.0	-23	0.0	-6	0.2	-1	0.0	0	0.8	-1	0.0	0	0.0	-12	0.0	-32	0.1	-3	0.5	-8,705	0.4
	Compañía Minera Ares S.A.C.	Ares	-4,840	3.9	-34,229	2.2	-18	2.5	-12	0.2	-13	0.0	-14	0.5	-1	0.0	0	0.8	-1	0.0	-1	0.0	-15	0.0	-64	0.2	-34	4.9	-39,243	1.7
		Arcata	-4,770	3.8	-47,865	3.0	-6	0.8	-1	0.0	-48	0.1	-12	0.5	-1	0.0	0	0.8	-1	0.0	-1	0.0	-13	0.0	-39	0.1	-3	0.4	-52,761	2.2
Huancavelica	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Orcopampa	-4,524	3.6	-283,401	17.8	-11	1.5	-952	13.2	-44	0.1	-5	0.2	0	0.0	0	0.8	-1	0.0	-9	0.0	-12	0.0	-52	0.2	-161	23.3	-289,172	12.3
	Castrovirreyna Compañía Minera S.A.	San Genaro	-4,790	3.8	-63,102	4.0	-99	13.8	-396	5.5	-1,432	2.4	-294	11.1	-18	0.0	-1	1.7	-3	0.0	-12	0.0	-29	0.0	-5,926	22.0	0	0.0	-76,100	3.2
		Julcani	-4,718	3.8	-7,130	0.4	-28	3.9	-1,906	26.5	-871	1.5	-20	0.8	-1	0.0	0	0.8	-1	0.0	0	0.0	-13	0.0	-81	0.3	-2	0.2	-14,773	0.6
	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Recuperada	-4,219	3.4	-7,690	0.5	-6	0.8	-27	0.4	-3,308	5.7	-36	1.4	-1	0.0	0	0.2	-1	0.0	-1	0.0	-12	0.0	-192	0.7	0	0.0	-15,493	0.7
	Compañía Minera Caudalosa S.A.	Huachocolpa Uno	-5,876	4.7	-49,091	3.1	-49	6.9	-1,025	14.2	-10,468	17.9	-10	0.4	-111,311	99.9	0	0.8	-1	0.0	-24	0.0	-15	0.0	-191	0.7	-1	0.2	-178,065	7.6
Junin		Andaychagua	-5,007	4.0	-7,501	0.5	-7	0.9	-4	0.1	-25	0.0	-91	3.4	-1	0.0	0	0.8	-1	0.0	-2	0.0	-15	0.0	-38	0.1	0	0.0	-12,692	0.5
	Volcan Compañía Minera SAA	Carahuacra	-4,879	3.9	-12,575	0.8	-8	1.1	-25	0.3	-171	0.3	-11	0.4	-1	0.0	0	0.8	-1	0.0	-1	0.0	-23	0.0	-77	0.3	-1	0.2	-17,772	0.8
		San Cristóbal / Mahr Túnel	-3,620	2.9	-395,670	24.9	-76	10.6	-1,140	15.8	-22,536	38.5	-10	0.4	-25	0.0	0	0.8	0	0.0	-32	0.0	-20	0.0	-15,177	56.4	0	0.0	-438,308	18.6
		Complejo Metalúrgico La Oroya	-4,973	4.0	-4,114	0.3	-15	2.2	-58	0.8	-829	1.4	-130	4.9	-10	0.0	-1	2.3	0	0.0	-4	0.0	-252,127	96.1	-30	0.1	0	0.0	-262,291	11.1
	Pan American Silver S.A. - Mina Quiruvilca	Quiruvilca	-4,103	3.3	-32,822	2.1	0	0.0	-13	0.2	-636	1.1	-55	2.1	-6	0.0	-2	3.8	-78	0.2	-2,984	2.3	-2	0.0	-6	0.0	-155	22.5	-40,862	1.7
La Libertad	Compañía Minera San Simón S.A.	La Virgen	-3,269	2.6	-227,499	14.3	-5	0.8	-17	0.2	-790	1.4	-1,448	54.8	-14	0.0	-31	74.6	-38,326	98.4	-121,688	95.8	-227	0.1	-45	0.2	-116	16.8	-393,477	16.7
	Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	-3,019	2.4	-18,049	1.1	-62	8.7	-12	0.2	-131	0.2	-6	0.2	-5	0.0	-1	2.8	-294	0.8	-39	0.0	-57	0.0	-7	0.0	-110	15.9	-21,791	0.9
Lima	Empresa Minera Los Quenuales S.A.	Casapalca	-4,528	3.6	-17,435	1.1	-15	2.1	-33	0.5	-183	0.3	-12	0.5	-1	0.0	0	0.8	-2	0.0	-2	0.0	-21	0.0	-33	0.1	0	0.0	-22,266	0.9
	Compañía Minera Casapalca S.A.	Americana	-4,879	3.9	-6,843	0.4	-12	1.7	-106	1.5	-784	1.3	-7	0.3	-2	0.0	0	0.8	-5	0.0	-2	0.0	-18	0.0	-49	0.2	0	0.0	-12,706	0.5
	Votorantim Metais - Cajamarquilla S.A	Refinería Cajamarquilla	-4,416	3.5	-9,842	0.6	-3	0.4	-29	0.4	-3,795	6.5	-164	6.2	-14	0.0	0	0.8	-2	0.0	-1	0.0	-9,500	3.6	-86	0.3	0	0.0	-27,852	1.2
Pasco	Chancadora Centauro S.A.C.	Quicay	-4,386	3.5	-9,419	0.6	-2	0.3	-23	0.3	-2,415	4.1	-31	1.2	-1	0.0	0	0.3	-1	0.0	-5	0.0	-6	0.0	-489	1.8	-4	0.6	-16,781	0.7
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	-4,613	3.7	-135,409	8.5	-10	1.5	-10	0.1	-1,598	2.7	-233	8.8	-3	0.0	0	0.6	-4	0.0	-3	0.0	-88	0.0	-1,533	5.7	0	0.0	-143,503	6.1
	Sociedad Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	-6,298	5.0	-15,121	1.0	-82	11.5	-717	9.9	-172	0.3	-2	0.1	0	0.0	0	0.3	-2	0.0	-17	0.0	-7	0.0	-308	1.1	0	0.0	-22,727	1.0
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animón	-4,524	3.6	-9,602	0.6	-1	0.1	-1	0.0	-29	0.0	-8	0.3	0	0.0	0	0.1	-5	0.0	-1	0.0	-2	0.0	-157	0.6	0	0.0	-14,329	0.6
	Pan American Silver S.A.	Huaron	-4,733	3.8	-9,668	0.6	-3	0.5	-211	2.9	-344	0.6	-5	0.2	-1	0.0	0	0.2	-198	0.5	-16	0.0	-4	0.0	-410	1.5	0	0.0	-15,593	0.7
TOTAL			-125,107	100.0	-1,590,949	100.0	-717	100.0	-7,204	100.0	-58,505	100.0	-2,644	100.0	-111,432	100.0	-41	100.0	-38,950	100.0	-127,088	100.0	-262,273	100.0	-26,918	100.0	-689	100.0	-2,352,517	100.0
Media			-4,468		-56,820		-26		-257		-2,089		-94		-3,980		-1		-1,391		-4,539		-9,367		-961		-25		-84,018	
Desv. Std			954		96,007		36		468		4,638		275		21,035		6		7,239		22,969		47,610		3,003		48		120,637	
Max			-844		-2,132		0		-1		-13		-1		0		0		0		0		-2		-6		0		-7,019	
Min			-6,298		-395,670		-146		-1,906		-22,536		-1,448		-111,311		-31		-38,326		-121,688		-252,127		-15,177		-161		-438,308	



**Anexo 05. Precios sombra de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología paramétrica para el año 2008 (US\$ / Unidad de contaminación)**

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIOS SOMBRA																										Total	
			Potencial de Hidrógeno (PH)		Sólidos Total Suspendidos (STS)		Plomo (PB)		Cobre (CU)		Zinc (ZN)		Arsénico (AS)		Cadmio (CD)		Mercurio (HG)		Cromo (CR)		Niquel (NI)		Selenio (SE)		Hierro (FE)		Cianuro total (CN)			
			US\$ / niveles	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%
Ancash	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	-5,455	3.7	-2,508	0.1	-3	0.3	-5	0.1	-17	0.0	-3	0.1	0	0.0	0	0.3	-7	0.0	-2	0.0	-7	0.0	-246	0.8	-5	0.6	-8,258	0.3
	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	Santa Luisa	-5,318	3.6	-160,532	8.9	0	0.1	-40	0.5	-292	0.4	-11	0.4	-2	0.0	0	0.3	-6	0.0	-2,078	1.4	-7	0.0	-860	2.7	-20	2.5	-169,166	6.3
	Minera Huallanca S.A.	Contonga Pucarrajo	-5,746 -844	3.9 0.6	-37,867 -8,619	2.1 0.5	-46 -146	5.7 18.1	-376 -75	4.7 0.9	-7,969 -907	11.8 1.3	-1 -5	0.0 0.2	-8 -5	0.0 0.0	0 -1	0.3 1.2	-4 -5	0.0 0.0	-11 -153	0.0 0.1	-7 -7	0.0 0.0	-248 -399	0.8 1.3	-3 -23	0.4 2.9	-52,287 -11,187	1.9 0.4
Arequipa	Minera Bateas S.A.C.	San Cristóbal	-5,389	3.7	-5,665	0.3	-3	0.4	-4	0.0	-61	0.1	-21	0.7	0	0.0	0	0.8	-1	0.0	-2	0.0	-14	0.0	-436	1.4	-66	8.5	-11,662	0.4
	Cedimin S.A.C.	Chaquelle	-5,482	3.7	-4,657	0.3	-7	0.9	-3	0.0	-27	0.0	-7	0.2	-1	0.0	0	0.8	-2	0.0	0	0.0	-14	0.0	-37	0.1	-4	0.5	-10,242	0.4
	Compañía Minera Ares S.A.C.	Ares Arcata	-5,694 -5,612	3.9 3.8	-40,270 -47,865	2.2 2.6	-21 -7	2.6 0.9	-15 -1	0.2 0.0	-16 -48	0.0 0.1	-16 -15	0.5 0.5	-1 -1	0.0 0.0	0 0	0.8 0.8	-2 -2	0.0 0.0	-2 -1	0.0 0.0	-18 -16	0.0 0.0	-75 -46	0.2 0.1	-40 -3	5.1 0.4	-46,168 -53,616	1.7 2.0
	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Orcopampa	-5,323	3.6	-283,401	15.6	-13	1.6	-952	11.8	-52	0.1	-6	0.2	0	0.0	0	0.8	-1	0.0	-10	0.0	-14	0.0	-61	0.2	-161	20.6	-289,994	10.7
Huancaavelica	Castrovirreyna Compañía Minera S.A.	San Genaro	-5,635	3.8	-74,238	4.1	-116	14.4	-466	5.8	-1,685	2.5	-346	11.4	-21	0.0	-1	1.7	-3	0.0	-14	0.0	-34	0.0	-6,972	22.1	0	0.0	-89,530	3.3
	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A	Julcani Recuperada	-5,551 -4,964	3.8 3.4	-8,388 -9,047	0.5 0.5	-33 -7	4.1 0.9	-2,242 -27	27.9 0.3	-871 -3,308	1.3 4.9	-20 -42	0.7 1.4	-2 -1	0.0 0.0	0 0	0.8 0.2	-2 -1	0.0 0.0	-2 -1	0.0 0.0	-16 -14	0.0 0.0	-95 -192	0.3 0.6	-2 0	0.2 0.0	-17,223 -17,605	0.6 0.7
	Compañía Minera Caudalosa S.A.	Huachocolpa Uno	-6,913	4.7	-57,755	3.2	-49	6.1	-1,025	12.7	-12,316	18.2	-10	0.3	-130,954	99.9	0	0.8	-2	0.0	-28	0.0	-18	0.0	-191	0.6	-1	0.2	-209,262	7.7
Junin	Volcan Compañía Minera SAA	Andaychagua	-5,890	4.0	-8,825	0.5	-8	1.0	-5	0.1	-30	0.0	-107	3.5	-1	0.0	0	0.8	-1	0.0	-2	0.0	-18	0.0	-45	0.1	0	0.0	-14,932	0.6
		Carahuasra	-5,740	3.9	-14,794	0.8	-9	1.1	-25	0.3	-201	0.3	-11	0.4	-2	0.0	0	0.8	-1	0.0	-1	0.0	-27	0.0	-91	0.3	-1	0.1	-20,902	0.8
		San Cristóbal / Mahr Túnel	-4,259	2.9	-465,494	25.7	-90	11.1	-1,341	16.7	-26,514	39.2	-12	0.4	-30	0.0	0	0.8	0	0.0	-38	0.0	-24	0.0	-17,856	56.6	0	0.0	-515,656	19.1
	Doe Run Perú SRL	Complejo Metalúrgico La Oroya	-5,850	4.0	-4,840	0.3	-18	2.2	-68	0.8	-975	1.4	-153	5.1	-12	0.0	-1	2.3	0	0.0	-5	0.0	-296,621	96.7	-35	0.1	0	0.0	-308,578	11.4
La Libertad	Pan American Silver S.A. - Mina Quiruvilca	Quiruvilca	-4,827	3.3	-38,614	2.1	0	0.1	-16	0.2	-749	1.1	-64	2.1	-8	0.0	-2	3.8	-78	0.2	-2,984	2.0	-2	0.0	-6	0.0	-183	23.4	-47,532	1.8
	Compañía Minera San Simón S.A.	La Virgen	-3,846	2.6	-267,646	14.8	-6	0.8	-20	0.3	-930	1.4	-1,704	56.3	-16	0.0	-36	74.6	-45,090	98.4	-143,162	96.3	-267	0.1	-53	0.2	-136	17.4	-462,914	17.1
	Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	-3,551	2.4	-21,235	1.2	-73	9.1	-14	0.2	-154	0.2	-7	0.2	-6	0.0	-1	2.8	-346	0.8	-39	0.0	-67	0.0	-7	0.0	-129	16.5	-25,628	0.9
Lima	Empresa Minera Los Quenuales S.A.	Casapalca	-5,327	3.6	-20,511	1.1	-18	2.2	-39	0.5	-216	0.3	-14	0.5	-1	0.0	0	0.8	-2	0.0	-2	0.0	-25	0.0	-39	0.1	0	0.0	-26,195	1.0
	Compañía Minera Casapalca S.A.	Americana	-5,739	3.9	-8,051	0.4	-14	1.7	-125	1.6	-922	1.4	-8	0.3	-2	0.0	0	0.8	-6	0.0	-2	0.0	-21	0.0	-58	0.2	0	0.0	-14,949	0.6
	Votorantim Metais - Cajamarquilla S.A	Refinería Cajamarquilla	-5,195	3.5	-11,579	0.6	-3	0.4	-34	0.4	-4,464	6.6	-164	5.4	-16	0.0	0	0.8	-2	0.0	-1	0.0	-9,500	3.1	-101	0.3	0	0.0	-31,061	1.1
Pasco	Chancadora Centauro S.A.C.	Quicay	-5,160	3.5	-11,081	0.6	-2	0.3	-28	0.3	-2,415	3.6	-31	1.0	-1	0.0	0	0.3	-1	0.0	-6	0.0	-7	0.0	-575	1.8	-4	0.5	-19,310	0.7
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	-5,427	3.7	-159,305	8.8	-12	1.5	-12	0.2	-1,880	2.8	-233	7.7	-4	0.0	0	0.6	-4	0.0	-3	0.0	-88	0.0	-1,803	5.7	0	0.0	-168,770	6.2
	Sociedad Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	-7,409	5.0	-17,789	1.0	-97	12.0	-843	10.5	-203	0.3	-3	0.1	0	0.0	0	0.3	-2	0.0	-20	0.0	-9	0.0	-362	1.1	0	0.0	-26,737	1.0
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animón	-5,322	3.6	-11,297	0.6	-1	0.1	-1	0.0	-34	0.1	-9	0.3	0	0.0	0	0.1	-6	0.0	-2	0.0	-2	0.0	-184	0.6	0	0.0	-16,857	0.6
Pan American Silver S.A.			-5,588	3.8	-11,375	0.6	-4	0.5	-248	3.1	-404	0.6	-6	0.2	-1	0.0	0	0.2	-233	0.5	-19	0.0	-5	0.0	-483	1.5	0	0.0	-18,345	0.7
TOTAL			-147,036	100.0	-1,813,245	100.0	-808	100.0	-8,050	100.0	-67,657	100.0	-3,028	100.0	-131,095	100.0	-49	100.0	-45,810	100.0	-148,587	100.0	-306,865	100.0	-31,555	100.0	-781	100.0	-2,704,565	100.0
Media			-5,251		-64,759		-29		-288		-2,416		-108		-4,682		-2		-1,636		-5,307		-10,959		-1,127		-28		-96,592	
Desv. Std			1,143		108,937		39		532		5,453		323		24,747		7		8,517		27,025		56,013		3,534		54		139,193	
Max			-844		-2,508		0		-1		-16		-1		0		0		0		0		-2		-6		0		-8,258	
Min			-7,409		-465,494		-146		-2,242		-26,514		-1,704		-130,954		-36		-45,090		-143,162		-296,621		-17,856		-183		-515,656	

# Anexo 06. Precios sombra de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología no paramétrica para el año 2009 (US\$ / Unidad de contaminación)

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIOS SOMBRA																										Total	
			Potencial de Hidrógeno (PH)		Sólidos Total Suspendidos (STS)		Plomo (PB)		Cobre (CU)		Zinc (ZN)		Arsénico (AS)		Cadmio (CD)		Mercurio (HG)		Cromo (CR)		Niquel (NI)		Selenio (SE)		Hierro (FE)		Cianuro total (CN)			
			US\$ / niveles	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%	US\$ / mg/l	%
Ancash	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	El Recuerdo	-2.284	3.0	-7.688	0.2	-4	1.5	-3	0.0	-139	0.0	-5	0.5	-1	0.0	0	0.0	-2	2.1	-1	0.2	0	0.2	-12	0.0	-4	0.2	-10.144	0.2
		Santa Luisa (Huanzala)	-2.218	2.9	-6.675	0.2	-3	1.3	-1	0.0	-107	0.0	-5	0.6	-2	0.0	0	0.0	-1	1.2	-4	1.7	0	0.2	-260	0.6	-13	0.6	-9.291	0.2
		Berlin	-1.984	2.6	-19.325	0.6	-10	3.9	-129	0.3	-1.418	0.3	-48	5.5	-32	0.0	0	0.0	0	0.1	-6	2.3	0	0.1	-2.855	6.6	-1	0.1	-25.807	0.6
	Minera Huallanca S.A.	Pucarrájo	-2.044	2.7	-3.473	0.1	-2	0.7	-2	0.0	-709	0.2	-5	0.5	-1	0.0	0	0.0	0	0.3	-3	1.2	-2	1.0	-280	0.6	-1	0.1	-6.522	0.2
		Contonga	-2.263	3.0	-8.646	0.2	-11	4.3	-70	0.2	-1.800	0.4	-1	0.1	-10	0.0	0	0.0	0	0.3	-3	1.3	0	0.2	-18	0.0	-57	2.4	-12.879	0.3
	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	-2.239	3.0	-1.639	0.0	-1	0.5	-1	0.0	-8	0.0	-80	9.1	0	0.0	0	0.1	0	0.2	-2	0.7	0	0.2	-216	0.5	-1	0.1	-4.189	0.1
Arequipa	Minera Bateas S.A.C.	San Cristobal	-2.360	3.1	-3.178	0.1	-9	3.6	-1	0.0	-301	0.1	-5	0.6	0	0.0	0	0.1	0	0.1	-1	0.4	0	0.2	-38	0.1	-43	1.8	-5.936	0.1
	Cedimin S.A.C.	UEA Chacavelle	-2.187	2.9	-2.027	0.1	-1	0.5	-1	0.0	-4	0.0	-4	0.5	0	0.0	0	0.0	0	0.3	-2	1.0	0	0.1	-32	0.1	-1	0.1	-4.262	0.1
	Cia. Minera Ares S.A.C.	Ares	-805	1.1	-6.080	0.2	-1	0.3	-7	0.0	-11	0.0	-5	0.6	0	0.0	-43	20.0	0	0.2	-2	0.7	-1	0.5	-39	0.1	-42	1.8	-7.036	0.2
		Arcata	-2.389	3.2	-1.546	0.0	-2	0.8	-4	0.0	-1.462	0.3	-6	0.7	0	0.0	-1	0.5	0	0.1	-1	0.2	0	0.1	-15	0.0	-1	0.0	-5.427	0.1
	Cia Minera Buenaventura S.A.A.	Orcopampa	-2.334	3.1	-2.862	0.1	-2	0.7	-1	0.0	-14	0.0	-8	0.9	0	0.0	0	0.0	0	0.3	-6	2.6	0	0.2	-37	0.1	-148	6.3	-5.414	0.1
Cajamarca	Minera Yanacocha S.R.L.	Chapulima Sur	-2.163	2.9	-1.710	0.0	-12	4.9	-37	0.1	-45	0.0	-167	19.0	-1	0.0	0	0.1	-3	3.2	-2	0.6	-9	4.8	-9	0.0	-5	0.2	-4.163	0.1
Huancavelica	Gia Minera Caudalosa S. A.	Huachocolpa Uno	-2.228	2.9	-5.183	0.1	-1	0.3	-8	0.0	-3.319	0.7	-7	0.8	-30	0.0	0	0.1	-8	9.2	-12	4.6	-3	1.5	-73	0.2	-4	0.2	-10.877	0.3
	Cia. de Minas Buenaventura S. A. A.	Recuperada	-2.133	2.8	-2.979	0.1	-1	0.3	-1	0.0	-47	0.0	-10	1.1	0	0.0	0	0.0	-3	3.5	-2	0.9	-3	1.5	-37	0.1	-5	0.2	-5.221	0.1
		Julcan	-2.348	3.1	-2.145	0.1	0	0.2	-2	0.0	-21	0.0	0	0.0	-1	0.0	0	0.0	-1	1.6	-6	2.4	-3	1.5	-37	0.1	-1	0.0	-4.586	0.1
	Castrovirreyna Cia. Minera S.A.	San Genaro	-2.295	3.0	-13.024	0.4	-4	1.4	-28	0.1	-1.258	0.3	0	0.0	-8	0.0	0	0.0	-1	0.9	-7	2.9	-3	1.5	-64	0.1	-1	0.0	-16.693	0.4
	Volcan Cia. Minera S.A.A.	Andaychagua	-2.406	3.2	-4.081	0.1	-1	0.4	-2	0.0	-17	0.0	-27	3.1	0	0.0	0	0.0	-1	1.0	-2	0.7	-2	0.9	-50	0.1	-1.376	58.5	-7.965	0.2
San Cristobal/Mahr Tunnel		-963	1.3	-2.907,124	84.1	-10	4.0	-520	1.1	-4.656	1.0	-19	2.1	-36	0.0	-1	0.3	-1	0.9	-6	2.2	-3	1.5	-5.771	13.3	-2	0.1	-2.919,111	67.6	
Carahuacra		-1.095	1.4	-149.602	4.3	-24	9.9	-120	0.3	-7.352	1.6	-14	1.6	-5	0.0	0	0.2	-5	5.5	-17	6.6	-3	1.5	-3.638	8.4	-9	0.4	-161.884	3.7	
La Libertad	Pan American Silver S.A	Quiruvilca	-845	1.1	-53.510	1.5	-9	3.5	-25	0.1	-565	0.1	-13	1.5	-8	0.0	-58	26.9	-3	3.2	-3	1.1	-7	3.4	-3.690	8.5	-360	15.3	-59.095	1.4
	Gia. Minera San Simón S.A.	La Virgen	-2.043	2.7	-36.159	1.0	-3	1.2	-1.230	2.7	-24	0.0	-71	8.1	-5	0.0	0	0.1	-9	9.5	-43	17.0	-1	0.3	-1.551	3.6	-2	0.1	-41.141	1.0
	Gia. Minera Aurifera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	-1.675	2.2	-23.834	0.7	-13	5.1	-217	0.5	-87	0.0	-8	0.9	-2	0.0	-14	6.5	-3	3.2	-46	18.4	-7	3.3	-491	1.1	-27	1.1	-26.423	0.6
	Consorcio Minero Horizonte S.A.	Acumulación Parcoy	-2.405	3.2	-2.437	0.1	-5	2.1	-1	0.0	-6	0.0	-53	6.1	-1	0.0	0	0.1	-3	3.2	-1	0.5	-3	1.4	-28	0.1	-4	0.2	-4.946	0.1
	Gia. Aurifera Real Aventura	Galebrillas	-2.229	2.9	-5.581	0.2	-12	4.7	-3	0.0	-271	0.1	-12	1.4	-2	0.0	0	0.1	-3	3.2	-1	0.4	-1	0.3	-28	0.1	-1	0.1	-8.145	0.2
Gia. Minera Poderosa S.A.	Unidad La Libertad (Palaz)	-2.333	3.1	-8.232	0.2	-9	3.8	-1	0.0	-85	0.0	-103	11.7	-1	0.0	-86	39.7	-3	3.2	-1	0.2	-8	3.8	-14	0.0	-2	0.1	-10.877	0.3	
	Unidad Trujillo (Vijas)	-2.180	2.9	-17.956	0.5	-6	2.3	-1	0.0	-68	0.0	-49	5.6	-2	0.0	-8	3.8	-3	3.2	-1	0.3	-8	4.0	-66	0.2	-64	2.7	-20.410	0.5	
Lima	Volcan Compañía Minera SAA	Ticlio	-1.208	1.6	-3.056	0.1	-3	1.2	-1	0.0	-169	0.0	-6	0.7	-1	0.0	0	0.1	-3	3.2	-1	0.5	-6	3.0	-15	0.0	-56	2.4	-4.525	0.1
	Compañía Minera Casapalca SA	Americana	-2.238	3.0	-70.987	2.1	-6	2.4	-5	0.0	-330,899	70.3	-6	0.7	-1	0.0	0	0.1	-3	3.2	-1	0.5	-9	4.8	-16	0.0	-2	0.1	-404,174	9.4
	Empresa Minera Los Quenuales SA	Casapalca	-2.191	2.9	-3.287	0.1	-7	3.0	-42,501	91.9	-71,454	15.2	-8	1.0	-2	0.0	0	0.1	-3	3.2	-3	1.1	-10	5.0	-16	0.0	-19	0.8	-119,502	2.8
Pasco	Votorantim Metais- Cajamarquilla SA	Cajamarquilla	-2.132	2.8	-3.894	0.1	-8	3.1	-2	0.0	-39,748	8.4	-12	1.3	-218,116	99.9	0	0.1	-3	3.2	-3	1.3	-10	5.3	-59	0.1	-8	0.4	-263,997	6.1
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	-2.131	2.8	-25.224	0.7	-19	7.8	-74	0.2	-768	0.2	-5	0.5	-5	0.0	0	0.0	-2	2.5	-3	1.0	-12	6.0	-2,799	6.4	-10	0.4	-31,052	0.7
	Compañía Minera Chancadora Centauro S.A.	Quilay	-2.249	3.0	-5.777	0.2	-11	4.6	-14	0.0	-11	0.0	-6	0.7	0	0.0	-1	0.3	-3	3.2	-3	1.1	-10	4.9	-30	0.1	-27	1.2	-8.140	0.2
	Compañía Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	-2.000	2.6	-12,162	0.4	-8	3.2	-1,027	2.2	-2,922	0.6	-3	0.4	-24	0.0	-1	0.2	-3	3.2	-31	12.2	-13	6.7	-11,331	26.1	-7	0.3	-29,532	0.7
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animon	-2.283	3.0	-6.284	0.2	-3	1.3	-2	0.0	-44	0.0	-5	0.5	0	0.0	0	0.1	-1	1.3	-2	0.7	-15	7.4	-355	0.8	-1	0.1	-8.995	0.2
Pan American Silver S.A.	Huaron	-2.079	2.7	-23.267	0.7	-20	8.0	-203	0.4	-719	0.2	-92	10.5	-16	0.0	0	0.1	-4	4.1	-23	9.2	-16	8.1	-9,231	21.3	-39	1.7	-35,709	0.8	
Compañía Minera Milpo S.A.A.	Milpo N° 1	-2.356	3.1	-3.863	0.1	-4	1.7	-6	0.0	-133	0.0	-4	0.4	-1	0.0	0	0.1	-3	2.8	-1	0.6	-15	7.4	-181	0.4	-1	0.0	-6.588	0.2	
	Compañía Minera Atacocha S.A.A.	Atacocha	-2.303	3.0	-3.881	0.1	-4	1.6	-9	0.0	-53	0.0	-5	0.6	-1	0.0	0	0.1	-10	10.8	-2	0.7	-15	7.5	-36	0.1	-3	0.1	-6.321	0.1
TOTAL			-75.618	100.0	-3.458,377	100.0	-247	100.0	-46,263	100.0	-470,713	100.0	-876	100.0	-218,317	100.0	-216	100.0	-92	100.0	-253	100.0	-196	100.0	-43,419	100.0	-2,351	100.0	-4,316,938	100.0
Media			-2.044		-93.470		-7		-1.250		-12.722		-24		-5.900		-6		-2		-7		-5		-1.173		-64		-116.674	
Desv. Std			451		476,183		6		6,975		55,352		36		35,857		18		2		11		5		231		231		480,240	
Max			-805		-1.546		0		-1		-4		0		0		0		0		-1		0		-9		-1		-4,163	
Min			-2.406		-2.907,124		-24		-42,501		-330,899		-167		-218,116		-86		-10		-46		-16		-11,331		-1,376		-2,919,111	

**Anexo 07. Precios sombra de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología paramétrica para el año 2009  
(US\$ / Unidad de contaminación)**

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIOS SOMBRA																												Total	
			Potencial de Hidrógeno (PH)		Sólidos Total Suspendidos (STS)		Plomo (PB)		Cobre (CU)		Zinc (ZN)		Arsénico (AS)		Cadmio (CD)		Mercurio (HG)		Cromo (CR)		Niquel (NI)		Selenio (SE)		Hierro (FE)		Cianuro total (CN)					
			US\$/ niveles	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%	US\$/ mg/l	%		
Ancash	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	El Recuerdo	-2.769	3.1	-9.319	0.3	-5	1.5	-4	0.0	-169	0.0	-5	0.4	-1	0.0	0	0.0	-2	2.1	-1	0.2	-1	0.2	-15	0.0	-5	0.2	-12.295	0.3		
		Santa Luisa (Huanzala)	-2.689	3.0	-8.090	0.2	-4	1.3	-1	0.0	-129	0.0	-5	0.5	-2	0.0	0	0.0	-1	1.0	-5	0.7	0	0.1	-316	0.6	-16	0.7	-11.260	0.2		
	Minera Huallanca S.A.	Berlin	-2.405	2.7	-23.424	0.7	-12	3.9	-156	0.3	-1.719	0.3	-58	5.6	-38	0.0	0	0.0	0	0.1	-7	2.3	0	0.1	-3.460	6.7	-1	0.1	-31.281	0.7		
		Pucarrajo	-2.478	2.7	-4.209	0.1	-2	0.7	-2	0.0	-859	0.2	-6	0.6	-1	0.0	0	0.0	0	0.3	-4	1.2	-2	0.8	-339	0.7	-2	0.1	-7.905	0.2		
Arequipa	Compañía Minera Antamina S.A.	Contonga	-2.743	3.0	-10.480	0.3	-13	4.3	-85	0.2	-2.182	0.4	-1	0.1	-12	0.0	0	0.0	0	0.3	-4	1.3	0	0.1	-22	0.0	-70	2.9	-15.611	0.3		
		Antamina	-2.714	3.0	-1.987	0.1	-1	0.5	-1	0.0	-10	0.0	-80	7.7	0	0.0	0	0.1	0	0.2	-2	0.7	-1	0.2	-216	0.4	-1	0.1	-5.014	0.1		
	Minera Bateas S.A.C.	San Cristobal	-2.861	3.2	-3.853	0.1	-11	3.6	-1	0.0	-301	0.1	-6	0.6	0	0.0	0	0.1	0	0.1	-1	0.4	-1	0.2	-46	0.1	-43	1.8	-7.123	0.2		
		Cedimín S.A.C	UEA Chaquell	-2.651	2.9	-2.457	0.1	-2	0.5	-1	0.0	-4	0.0	-4	0.4	-1	0.0	0	0.0	0	0.3	-3	1.0	0	0.1	-39	0.1	-2	0.1	-5.164	0.1	
Cajamarca	Cia. Minera Ares S.A.C.	Ares	-805	0.9	-7.370	0.2	-1	0.3	-8	0.0	-13	0.0	-7	0.6	0	0.0	-43	18.0	0	0.2	-2	0.7	-1	0.5	-47	0.1	-51	2.1	-8.349	0.2		
		Arcata	-2.896	3.2	-1.874	0.1	-2	0.8	-4	0.0	-1.462	0.3	-8	0.8	0	0.0	-1	0.4	0	0.1	-1	0.2	0	0.1	-18	0.0	-1	0.0	-6.267	0.1		
	Cia Minera Buenaventura S.A.A.	Orcopampa	-2.829	3.1	-3.469	0.1	-2	0.7	-2	0.0	-18	0.0	-8	0.8	0	0.0	0	0.0	0	0.3	-8	2.6	0	0.2	-45	0.1	-148	6.1	-6.529	0.1		
		Minera Yanacocha S.R.L	Chapulima Sur	-2.622	2.9	-2.072	0.1	-15	4.9	-45	0.1	-54	0.0	-202	19.6	-1	0.0	0	0.1	-4	3.2	-2	0.6	-11	4.8	-11	0.0	-6	0.2	-5.046	0.1	
Huancavelica	Cia Minera Caudalosa S. A.	Huachocolpa Uno	-2.701	3.0	-6.282	0.2	-1	0.3	-10	0.0	-4.023	0.7	-9	0.9	-36	0.0	0	0.1	-10	9.3	-14	4.6	-3	1.5	-89	0.2	-5	0.2	-13.185	0.3		
		Recuperada	-2.585	2.9	-3.610	0.1	-1	0.3	-1	0.0	-47	0.0	-12	1.2	0	0.0	0	0.0	-4	3.5	-3	0.9	-3	1.5	-45	0.1	-5	0.2	-6.317	0.1		
	Cia. de Minas Buenaventura S. A. A.	Julcani	-2.846	3.1	-2.600	0.1	-1	0.2	-3	0.0	-26	0.0	0	0.0	-1	0.0	0	0.0	-2	1.6	-7	2.4	-3	1.5	-45	0.1	-1	0.0	-5.535	0.1		
		Castrovirreyna Cia. Minera S.A.	San Genaro	-2.782	3.1	-15.787	0.4	-4	1.4	-34	0.1	-1.525	0.3	0	0.0	-9	0.0	0	0.0	-1	1.0	-9	2.9	-3	1.5	-77	0.1	-1	0.1	-20.235	0.4	
Junin	Volcan Cia. Minera S.A.A.	Andaychagua	-2.916	3.2	-4.946	0.1	-1	0.4	-2	0.0	-21	0.0	-33	3.2	0	0.0	0	0.0	-1	1.0	-2	0.7	-2	0.7	-61	0.1	-1.376	56.7	-9.362	0.2		
		San Cristobal/Mahr Túnel	-963	1.1	-2.907,124	81.3	-12	4.0	-630	1.1	-5.643	1.0	-19	1.8	-36	0.0	-1	0.2	-1	1.0	-7	2.2	-3	1.5	-6.995	13.5	-3	0.1	-2.921,438	63.3		
	Pan American Silver S.A	Carahuacra	-1.095	1.2	-181.336	5.1	-30	9.9	-146	0.3	-8.911	1.6	-14	1.3	-7	0.0	0	0.2	-5	4.6	-20	6.6	-3	1.5	-4.410	8.5	-9	0.4	-195.985	4.2		
		Quiruvilca	-845	0.9	-64.861	1.8	-11	3.5	-31	0.1	-684	0.1	-16	1.5	-9	0.0	-58	24.2	-4	3.2	-3	1.1	-8	3.4	-3.690	7.1	-360	14.8	-70.580	1.5		
La Libertad	Cia. Minera San Simón S.A.	La Virgen	-2.476	2.7	-43.829	1.2	-4	1.2	-1.491	2.7	-29	0.0	-86	8.3	-6	0.0	0	0.1	-11	9.6	-52	17.0	-1	0.3	-1.880	3.6	-2	0.1	-49.867	1.1		
		Cia. Minera Aurifera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	-2.030	2.2	-28.890	0.8	-15	5.1	-263	0.5	-106	0.0	-10	0.9	-3	0.0	-17	7.1	-4	3.2	-56	18.4	-8	3.3	-595	1.1	-33	1.3	-32.028	0.7	
	Consorcio Minero Horizonte S.A.	Acumulación Parcoy	-2.915	3.2	-2.954	0.1	-6	2.1	-2	0.0	-7	0.0	-64	6.2	-1	0.0	0	0.1	-4	3.2	-1	0.5	-3	1.4	-34	0.1	-4	0.2	-5.996	0.1		
		Cia. Aurifera Real Aventura	Culebrillas	-2.702	3.0	-6.765	0.2	-14	4.7	-4	0.0	-329	0.1	-15	1.4	-3	0.0	0	0.1	-4	3.2	-1	0.4	-1	0.3	-34	0.1	-2	0.1	-9.872	0.2	
Lima	Cia. Minera Poderosa S.A.	Unidad La Libertad (Pataz)	-2.828	3.1	-9.978	0.3	-11	3.8	-2	0.0	-103	0.0	-124	12.0	-2	0.0	-104	43.3	-4	3.2	-1	0.2	-9	3.8	-17	0.0	-2	0.1	-13.185	0.3		
		Unidad Trujillo (Vijus)	-2.642	2.9	-21.764	0.6	-7	2.3	-2	0.0	-82	0.0	-59	5.7	-2	0.0	-10	4.1	-4	3.2	-1	0.3	-9	4.0	-80	0.2	-78	3.2	-24.740	0.5		
	Volcan Compañía Minera SAA	Ticlio	-1.208	1.3	-3.056	0.1	-4	1.2	-2	0.0	-205	0.0	-7	0.7	-1	0.0	0	0.1	-4	3.2	-1	0.5	-7	3.0	-18	0.0	-56	2.3	-4.569	0.1		
		Compañía Minera Casapalca SA	Americana	-2.712	3.0	-86.045	2.4	-7	2.4	-6	0.0	-401,090	70.3	-7	0.7	-1	0.0	0	0.1	-4	3.2	-1	0.5	-11	4.8	-19	0.0	-3	0.1	-489,908	10.6	
Pasco	Empresa Minera Los Quenuales SA	Casapalca	-2.656	2.9	-3.984	0.1	-9	3.0	-51.516	91.9	-86,610	15.2	-10	1.0	-2	0.0	0	0.1	-4	3.2	-3	1.1	-12	5.0	-20	0.0	-24	1.0	-144,850	3.1		
		Votorantim Metais- Cajamarquilla SA	Cajamarquilla	-2.584	2.9	-4.720	0.1	-9	3.1	-3	0.0	-48,180	8.4	-14	1.4	-264,383	99.9	0	0.1	-4	3.2	-4	1.3	-13	5.3	-72	0.1	-10	0.4	-319,996	6.9	
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	-2.583	2.9	-30.575	0.9	-23	7.8	-90	0.2	-930	0.2	-6	0.5	-6	0.0	0	0.1	-3	2.5	-3	1.0	-14	6.1	-3.393	6.6	-12	0.5	-37,639	0.8		
		Compañía Minera Chancadora Centauro S.A.	Quicay	-2.726	3.0	-7.003	0.2	-14	4.6	-16	0.0	-13	0.0	-7	0.7	0	0.0	-1	0.3	-4	3.2	-3	1.1	-12	5.0	-36	0.1	-33	1.4	-9,867	0.2	
TOTAL	Compañía Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	-2.424	2.7	-14.742	0.4	-9	3.2	-1.244	2.2	-3,542	0.6	-4	0.4	-29	0.0	-1	0.3	-4	3.2	-37	12.2	-16	6.7	-13,735	26.5	-9	0.4	-35,796	0.8		
		Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animon	-2.767	3.1	-7.617	0.2	-4	1.3	-2	0.0	-54	0.0	-6	0.5	0	0.0	0	0.1	-1	1.3	-2	0.7	-18	7.4	-431	0.8	-2	0.1	-10,903	0.2	
	Pan American Silver S.A.	Huaron	-2.520	2.8	-28.203	0.8	-24	8.0	-246	0.4	-871	0.2	-112	10.8	-19	0.0	0	0.1	-5	4.1	-28	9.2	-19	8.1	-11,189	21.6	-48	2.0	-43,283	0.9		
		Compañía Minera Milpo S.A.A.	Milpo N° 1	-2.856	3.2	-4.683	0.1	-5	1.7	-7	0.0	-161	0.0	-5	0.4	-1	0.0	0	0.1	-3	2.8	-2	0.6	-18	7.4	-219	0.4	-1	0.1	-7,962	0.2	
Media	Compañía Minera Atacocha S.A.A.	Atacocha	-2.792	3.1	-4.704	0.1	-5	1.6	-11	0.0	-64	0.0	-7	0.6	-1	0.0	0	0.1	-12	11.0	-2	0.7	-18	7.5	-43	0.1	-4	0.2	-7,662	0.2		
		TOTAL	-90.616	100.0	-3,574.661	100.0	-299	100.0	-56.075	100.0	-570.176	100.0	-1,034	100.0	-264.618	100.0	-240	100.0	-110	100.0	-396	100.0	-237	100.0	-51.801	100.0	-2,426	100.0	-4,612.599	100.0		
	Desv. Std	Media	-2.449		-96.612		-8		-1.516		-15.410		-28		-7.152		-5		-3		-9		-6		-66		-230		-124.665			
		Max	614		476.016		7		8.455		67.095		43		43.463		20		3		14		6		3.124		230		482.427			
Min	Desv. Std	Max	-805		-1.874		-1		-1		-4		0		0		0		-1		0		-11		0		-1		-4.569			
		Min	-2.916		-2,907,124		-30		-51.516		-401,090		-202		-264.383		-104		-12		-56		-19		-13.735		-1,376		-2,921,438			

## Anexo 08. Costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología no paramétrica para el año 2008 (En US\$)

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIO SOMBRA VALOR CONTAMINACIÓN COSTO ECONÓMICO	COSTO ECONÓMICO													Total	
				Potencial de Hidrógeno (PH)	Sólidos Total Suspendidos (STS)	Plomo (PB)	Cobre (CU)	Zinc (ZN)	Arsénico (AS)	Cadmio (CD)	Mercurio (HG)	Cromo (CR)	Niquel (NI)	Selenio (SE)	Hierro (FE)	Cianuro total (CN)		
				US\$ / niveles	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	%
Ancash	Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	Precio sombra 1/	-1,313,934	-167,612	-144,510	-28,559	-30,702	-88,111	-509	-118,887	-5,620	-601	-824	-277,883	-270,082	-11,141,225	1.4
			Valor promedio anual 2/	7.935	3.648	0.004	0.007	0.025	0.005	0.000	0.000	0.010	0.004	0.010	0.357	0.007		
			Costo económico 3/	-10,426,557	-611,524	-544,323	-190,395	-773	-411,185	-0,226	-27,740	-58,072	-2,181	-8,080	-99,328	-1,800,546		
	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	Santa Luisa (Huanzala)	Precio sombra 1/	-261,234	-187,530	-51,144	-36,363	-32,242	-68,023	-472	-154,975	-646	-514	-5	-16,995	-6,770	-45,851,078	5.7
			Valor promedio anual 2/	7.736	233,518	0.002	0.058	0.425	0.016	0.003	0.000	0.009	0.018	0.010	1.251	0.029		
			Costo económico 3/	-2,020,935	-43,791,600	-95,127	-2,119	-13,713	-1,121,575	-1,383	-30,995	-5,495	-9	-0,047	-21,254	-194,159		
	Minera Huallanca S.A.	Contonga	Precio sombra 1/	-265,283	-180,273	-50,591	-36,301	-31,153	-67,599	-469	-154,694	-633	-519	-2	-16,927	-2,231	-12,518,963	1.6
			Valor promedio anual 2/	8.358	55,083	0.067	0.010	11,593	0.003	0.033	0.000	0.006	0.016	0.010	0.380	0.005		
			Costo económico 3/	-2,217,324	-9,930,053	-3,364	-351	-361,147	-219,697	-15,402	-30,939	-3,796	-8,201	-0,018	-6,434	-11,157		
		Pucarrajo	Precio sombra 1/	-266,077	-181,536	-50,362	-36,217	-33,064	-67,740	-473	-154,733	-633	-522	-4	-16,216	-6,870	-4,225,447	0.5
			Valor promedio anual 2/	7.107	12,538	0.008	0.110	11,593	0.007	0.007	0.007	0.007	0.013	0.010	0.580	0.033		
			Costo económico 3/	-1,891,121	-2,276,111	-378	-3,972	-43,609	-480,167	-3,172	-130,639	-4,223	-7	-0,042	-9,404	-227		
Arequipa	Minera Bateas S.A.C.	San Cristobal	Precio sombra 1/	-265,711	-180,821	-51,821	-36,341	-32,344	-67,576	-471	-154,275	-632	-519	-8	-16,425	-18,569	-3,590,846	0.4
			Valor promedio anual 2/	7.839	8,240	0.012	0.006	0.088	0.030	0.001	0.000	0.002	0.021	0.096	0.634	0.096		
			Costo económico 3/	-2,082,876	-1,489,964	-612,594	-204,924	-2,860	-2,032	-0,486	-92,565	-1,264	-1,265	-0,172	-10,413	-1,788		
	Cedimin S.A.C	UEA Chaquell	Precio sombra 1/	-269,300	-180,741	-52,165	-36,223	-32,297	-67,389	-472	-155,876	-635	-518	-14	-17,177	-1,951	-3,375,726	0.4
			Valor promedio anual 2/	7.974	6,775	0.010	0.005	0.039	0.010	0.001	0.001	0.003	0.002	0.020	0.054	0.006		
			Costo económico 3/	-2,147,520	-1,224,522	-521,652	-181,113	-1,269	-673,894	-0,472	-93,526	-1,589	-1,035	-0,286	-930	-11,055		
	Cia. Minera Ares S.A.C.	Ares	Precio sombra 1/	-265,261	-180,181	-51,802	-36,067	-32,319	-67,187	-471	-154,650	-637	-519	-16	-17,060	-17,547	-12,759,410	1.6
			Valor promedio anual 2/	8.283	58,579	0.030	0.021	0.023	0.023	0.002	0.001	0.002	0.002	0.026	0.109	0.058		
			Costo económico 3/	-2,197,024	-10,554,768	-1,567	-770	-732	-1,567,701	-0,706	-92,790	-1,434	-1,228	-0,423	-1,864	-1,022		
		Arcata	Precio sombra 1/	-258,339	-206,725	-48,886	-36,300	-32,198	-68,316	-470	-155,817	-642	-520	-41	-17,532	-3,900	-34,964,971	4.4
			Valor promedio anual 2/	8.163	158,915	0.010	0.003	0.035	0.021	0.001	0.001	0.002	0.002	0.023	0.066	0.005		
			Costo económico 3/	-2,108,815	-32,851,702	-488,863	-108,900	-1,122	-1,455	-0,470	-93,490	-1,426	-1,041	-0,945	-1,164	-17,681		
	Cia Minera Buenaventura S.A.A.	Orcopampa	Precio sombra 1/	-246,580	-182,133	-34,128	-36,923	-32,477	-67,183	-471	-161,698	-647	-471	-82	-16,643	-13,408	-3,239,887	0.4
			Valor promedio anual 2/	7.743	7,275	0.019	0.008	0.076	0.009	0.001	0.001	0.002	0.015	0.020	0.089	0.007		
			Costo económico 3/	-1,909,179	-1,325,020	-631,375	-301	-2,452	-621,440	-0,526	-97,019	-1,456	-6,967	-1,672	-1,482	-92		
Huancavelica	Castrovirreyna Cia. Minera S.A.	San Genaro	Precio sombra 1/	-265,237	-181,038	-52,578	-35,328	-32,316	-69,256	-471	-154,693	-633	-518	-3	-19,181	-2,050	-22,066,014	2.8
			Valor promedio anual 2/	8.197	107,990	0.169	0.678	2,450	0.503	0.031	0.001	0.005	0.020	0.049	10,142	0.000		
			Costo económico 3/	-2,174,049	-19,550,393	-8,886	-23,951	-79,189	-34,807	-15	-185,632	-3,078	-10,283	0	-194,526	-0,205		
	Cia. de Minas Buenaventura S. A. A.	Julcani	Precio sombra 1/	-264,325	-181,095	-51,892	-40,626	-32,293	-67,646	-471	-154,658	-634	-518	-2	-17,120	-2,050	-4,485,036	0.6
			Valor promedio anual 2/	8.074	12,202	0.048	3,262	0.082	0.013	0.003	0.001	0.002	0.003	0.023	0.139	0.000		
			Costo económico 3/	-2,134,269	-2,209,773	-2,497	-132,516	-2,647	-865,300	-1,202	-92,795	-1,494	-1,674	-0,042	-2,372	-0,205		
		Recuperada	Precio sombra 1/	-263,776	-181,329	-51,448	-36,321	-32,360	-67,485	-471	-154,724	-635	-518	-7	-17,201	-2,050	-4,301,973	0.5
			Valor promedio anual 2/	7.221	13,160	0.010	0.004	0.142	0.061	0.001	0.001	0.002	0.002	0.020	0.085	0.000		
			Costo económico 3/	-1,904,718	-2,386,341	-514,477	-127,123	-4,580	-4,130	-0,606	-92,835	-1,270	-1,123	-0,146	-1,466	-0,205		
	Cia Minera Caudlosa S. A.	Huachocolpa Uno	Precio sombra 1/	-264,744	-181,096	-51,052	-36,367	-33,191	-67,602	-18,403	-154,794	-633	-518	-1	-17,069	-2,051	-21,987,830	2.7
			Valor promedio anual 2/	10.057	84,013	0.036	0.070	17,915	0.029	190,492	0.001	0.002	0.041	0.026	0.252	0.000		
			Costo económico 3/	-2,662,399	-15,214,401	-1,838	-2,551	-594,620	-1,983,495	-3,505,618	-92,876	-1,457	-21	-0,029	-4,303	-0,205		

Continua

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIO SOMBRA VALOR CONTAMINACIÓN COSTO ECONÓMICO	COSTO ECONÓMICO													Total	
				Potencial de Hidrógeno (PH)	Sólidos Total Suspendidos (STS)	Plomo (PB)	Cobre (CU)	Zinc (ZN)	Arsénico (AS)	Cadmio (CD)	Mercurio (HG)	Cromo (CR)	Niquel (NI)	Selenio (SE)	Hierro (FE)	Cianuro total (CN)		
				US\$ / niveles	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l
Junin	Volcan Cia. Minera S.A.A.	Andaychagua	Precio sombra 1/	-257,710	-183,643	-56,416	-36,601	-32,169	-75,933	-471	-158,663	-635	-514	-56	-17,041	-2,103		
			Valor promedio anual 2/	8.568	12,837	0.011	0.007	0.044	0.155	0.001	0.001	0.002	0.003	0.026	0.065	0.000		
			Costo económico 3/	-2,208,129	-2,357,414	-639,384	-267,789	-1,401	-11,768	-0.605	-95,198	-1,361	-1,579	-1,434	-1,107	-0,210	-4,580,827	0.6
		Carahuacra	Precio sombra 1/	-255,859	-182,968	-54,880	-36,135	-32,954	-67,266	-469	-155,591	-642	-522	-51	-17,415	-2,062		
			Valor promedio anual 2/	8.349	21,520	0.013	0.007	0.292	0.013	0.002	0.001	0.002	0.006	0.039	0.132	0.000		
			Costo económico 3/	-2,136,250	-3,937,402	-727,164	-260,048	-9,622	-887,913	-1,166	-93,355	-1,364	-3,054	-2	-2,300	-0,206	-6,087,549	0.8
	San Cristobal/Mahr Túnel	Precio sombra 1/	-265,536	-178,948	-49,299	-41,196	-38,657	-67,784	-466	-154,506	-634	-516	-7	-49,782	-2,047			
		Valor promedio anual 2/	6.195	677,133	0.130	1.950	38,568	0.017	0.043	0.001	0.002	0.055	0.035	25,974	0.000			
		Costo económico 3/	-1,645,013	-121,171,732	-6,424	-80,344	-1,490,934	-1,161,279	-20	-92,703	-1,321	-28	0	-1,293,047	-0,205	-125,688,797	15.7	
	Doe Run Perú SRL	Complejo Metalúrgico La Oroya	Precio sombra 1/	-273,525	-180,734	-53,679	-37,465	-30,530	-74,180	-464	-149,257	-626	-521	-640,579	-17,316	-2,073		
			Valor promedio anual 2/	8.510	7,040	0.026	0.099	1,418	0.223	0.017	0.002	0.007	0.007	431,480	0.050	0.000		
			Costo económico 3/	-2,327,698	-1,272,367	-1,419	-3,713	-43,306	-16,515	-7,977	-247,767	-1,409	-3,578	-276,397,315	-874	-0,207	-280,063,467	35.0
La Libertad	Pan American Silver S.A.	Quiruvilca	Precio sombra 1/	-265,294	-181,037	-50,999	-36,222	-32,367	-68,381	-474	-154,958	-666	-4,018	-1	-17,113	-23,843		
			Valor promedio anual 2/	7.021	56,170	0.001	0.023	1,089	0.093	0.011	0.003	0.184	10,954	0.003	0.016	0.266		
			Costo económico 3/	-1,862,713	-10,168,834	-30,599	-818	-35,245	-6,388	-5,204	-417,096	-123	-44,009	-0,002	-273,811	-6,334	-12,125,191	1.5
	Cia. Minera San Simón S.A.	La Virgen	Precio sombra 1/	-264,929	-180,719	-51,037	-36,308	-32,225	-66,915	-471	-153,713	-10,201	-9,859	-9	-17,118	-2,294		
			Valor promedio anual 2/	5.595	389,333	0.009	0.030	1,352	2,479	0.023	0.053	65,590	208,251	0.389	0.077	0.198		
			Costo económico 3/	-1,482,349	-70,359,617	-475,812	-1,076	-43,572	-165,862	-10,922	-8,108	-669,056	-2,053,142	-4	-1,318	-454	-74,785,045	9.3
Cia. Minera Aurífera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	Precio sombra 1/	-265,155	-181,138	-49,682	-36,455	-32,027	-67,712	-472	-154,853	-1,664	-524	-50	-17,103	-46,310			
		Valor promedio anual 2/	5.166	30,889	0.107	0.020	0.223	0.010	0.008	0.002	0.503	0.260	0.098	0.013	0.188			
		Costo económico 3/	-1,369,723	-5,595,145	-5,292	-729,101	-7,156	-677,122	-3,850	-309,706	-837	-136	-5	-215,692	-8,709	-6,988,940	0.9	
Lima	Empresa Minera Los Queuales S.A.	Casapalca	Precio sombra 1/	-253,807	-180,770	-49,932	-35,692	-31,526	-67,102	-471	-151,188	-616	-518	-75	-17,601	-2,004		
			Valor promedio anual 2/	7.749	29,837	0.026	0.056	0.314	0.021	0.002	0.004	0.004	0.004	0.036	0.057	0.000		
			Costo económico 3/	-1,966,677	-5,393,608	-1,314,045	-2,004	-9,887	-1,377,739	-0,873	-90,713	-2,171	-1,872	-3	-1,007	-0,200	-7,375,973	0.9
	Compañía Minera Casapalca SA	Americana	Precio sombra 1/	-266,334	-182,180	-55,100	-41,004	-28,652	-68,264	-472	-155,277	-603	-518	-44	-17,162	-2,058		
			Valor promedio anual 2/	8.349	11,711	0.021	0.182	1,341	0.012	0.003	0.001	0.009	0.003	0.030	0.084	0.000		
			Costo económico 3/	-2,223,591	-2,133,526	-1,129,557	-7,470	-38,429	-828,921	-1,236	-93,166	-5,447	-1,362	-1	-1,442	-0,206	-4,406,519	0.6
Votorantim Metals - Cajamarquilla S.A	Refinería Cajamarquilla	Precio sombra 1/	-261,496	-179,680	-53,454	-37,265	-91,967	-69,227	-476	-159,727	-646	-532	-238	-15,904	-2,117			
		Valor promedio anual 2/	7.557	16,843	0.005	0.050	6,494	0.021	0.024	0.001	0.003	0.008	0.081	0.147	0.000			
		Costo económico 3/	-1,976,040	-3,026,317	-267,270	-1,861	-597,255	-1,457	-11,372	-95,836	-1,697	-4,459	-19	-2,335	-0,212	-5,605,666	0.7	
Pasco	Chancadora Centauro S.A.C.	Quicay	Precio sombra 1/	-261,057	-181,453	-51,405	-36,050	-32,243	-67,389	-472	-155,240	-622	-515	-8	-18,624	-2,050		
			Valor promedio anual 2/	7.506	16,119	0.003	0.040	0.062	0.006	0.001	0.000	0.006	0.009	0.010	0.836	0.000		
			Costo económico 3/	-1,959,615	-2,924,792	-138,740	-1,444	-1,999	-390,595	-0,549	-31,556	-3,726	-4,413	-0,077	-15,577	-0,205	-4,903,997	0.6
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	Precio sombra 1/	-259,618	-234,949	-45,322	-35,542	-36,797	-67,171	-472	-151,391	-647	-518	-27	-67,505	-2,012		
			Valor promedio anual 2/	7.894	231,733	0.018	0.018	2,734	0.008	0.006	0.000	0.006	0.019	0.010	2,623	0.000		
			Costo económico 3/	-2,049,426	-54,445,543	-808,663	-636,251	-100,607	-535	-2,714	-64,706	-3,876	-9,808	0	-177,069	-0,201	-56,774,707	7.1
	Sociedad Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	Precio sombra 1/	-257,175	-184,011	-46,449	-34,136	-32,657	-67,631	-471	-154,419	-620	-545	-17	-19,664	-2,076		
			Valor promedio anual 2/	10,778	25,877	0.141	1,227	0,295	0,004	0,001	0,000	0,003	0,029	0,012	0,527	0,000		
			Costo económico 3/	-2,771,776	-4,761,711	-12,166	-103,199	-9,637	-246,004	-0,302	-31,769	-1,919	-16	-0,209	-10,354	-0,208	-7,669,139	1.0
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animón	Precio sombra 1/	-279,146	-167,002	-47,842	-36,134	-33,413	-60,372	-472	-153,324	-752	-491	-36	-34,548	-2,117		
			Valor promedio anual 2/	7.741	62,597	0.006	0.007	0.189	0.049	0.001	0.000	0.032	0.010	0.010	1,020	0.000		
			Costo económico 3/	-2,160,996	-10,453,806	-273,953	-259,179	-6,305	-2,955	-0,292	-31,157	-23,888	-4,771	-0,352	-35,250	-0,212	-12,659,906	1.6
Pan American Silver S.A.	Huarón	Precio sombra 1/	-269,489	-181,329	-51,367	-25,696	-31,631	-67,278	-469	-155,077	-3,074	-520	-9	-18,174	-2,035			
		Valor promedio anual 2/	8.099	24,667	0.009	0.537	0.877	0.013	0.003	0.000	0.506	0.040	0.010	1,047	0.000			
		Costo económico 3/	-2,182,672	-4,472,791	-440,034	-13,807	-27,904	-876,485	-1,305	-30,860	-1,556	-21	-0,092	-19,029	-0,204	-6,719,128	0.8	
TOTAL				-66,199,451	-445,890,776	-53,484	-385,233	-3,531,972	-262,295	-3,505,726	-10,988	-671,706	-2,097,460	-276,397,363	-1,916,139	-20,663	-800,943,256	100.0
Media				-8,906	-101,808	-44	-429	-3,942	-172	-7,959	-3	-2,779	-8,890	-18,391	-1,900	-43	-43,221,506	
Desv. Std				2,029	174,166	58	853	9,279	548	42,070	12	14,478	45,960	95,237	6,012	84	113,883,754	
Max				-844	-4,264	0	-1	-26	-1	0	0	0	0	-3	-6	0	-89,298	
Min				-12,596	-791,340	-198	-3,812	-45,073	-2,897	-222,621	-62	-76,653	-243,376	-504,255	-30,355	-310	-538,418,102	

1/ Miligramos por litro

2/ Los precios sombra están expresados en US\$ / mg/l

3/ El costo económico está expresado en US\$

## Anexo 09. Costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología paramétrica para el año 2008 (En US\$)

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIO SOMBRA VALOR CONTAMINACIÓN COSTO ECONÓMICO	COSTO ECONÓMICO													Total	
				Potencial de Hidrógeno (PH)	Sólidos Total Suspendidos (STS)	Plomo (PB)	Cobre (CU)	Zinc (ZN)	Arsénico (AS)	Cadmio (CD)	Mercurio (HG)	Cromo (CR)	Níquel (NI)	Selenio (SE)	Hierro (FE)	Cianuro total (CN)		
				US\$ / niveles	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l
Ancash	Compañia Minera Antamina S.A.	Antamina	Precio sombra 1/	-1,379,631	-172,640	-202,315	-45,695	-36,934	-220,278	-598	-278,196	-8,149	-1,070	-845	-319,566	-510,455		
			Valor promedio anual 2/	7.935	3.648	0.004	0.007	0.025	0.005	0.000	0.000	0.010	0.004	0.010	0.357	0.007		
			Costo económico 3/	-10,947,885	-629,870	-762,052	-304,632	-930	-1,027,963	-0,266	-64,912	-84,204	-3,882	-8,282	-114,227	-3,403,033	-11,696,571	1.4
	Compañia Minera Santa Luisa S.A.	Santa Luisa (Huanzala)	Precio sombra 1/	-274,296	-193,156	-71,601	-58,181	-38,787	-170,058	-555	-362,642	-937	-916	-5	-19,544	-12,795		
			Valor promedio anual 2/	7.736	233.518	0.002	0.058	0.425	0.016	0.003	0.000	0.009	0.018	0.010	1.251	0.029		
			Costo económico 3/	-2,121,981	-45,105,348	-133,178	-3,390	-16,497	-2,803,938	-1,625	-72,528	-7,968	-16	-0,048	-24,442	-367	-47,275,061	5.7
	Minera Huallanca S.A.	Contonga	Precio sombra 1/	-278,547	-185,681	-70,827	-58,082	-37,477	-168,998	-551	-361,983	-917	-924	-2	-19,466	-4,217		
			Valor promedio anual 2/	8.358	55,083	0.067	0.010	11.593	0.003	0.033	0.000	0.006	0.016	0.010	0.380	0.005		
			Costo económico 3/	-2,328,190	-10,227,955	-4,710	-561	-434,460	-549,243	-18,097	-72,397	-5,504	-14,598	-0,018	-7,399	-21,087	-13,003,957	1.6
		Pucarrajo	Precio sombra 1/	-279,381	-186,982	-70,506	-57,948	-39,776	-169,350	-556	-362,076	-918	-929	-4	-18,648	-12,984		
			Valor promedio anual 2/	7.107	12,538	0.008	0.110	1.319	0.007	0.007	0.001	0.007	0.013	0.010	0.580	0.033		
			Costo económico 3/	-1,985,677	-2,344,394	-530	-6,356	-52,461	-1,200,417	-3,727	-305,696	-6,123	-12	-0,043	-10,814	-428	-4,402,189	0.5
Arequipa	Minera Bateas S.A.C.	San Cristobal	Precio sombra 1/	-278,996	-186,245	-72,549	-58,146	-38,910	-168,940	-554	-361,003	-916	-924	-9	-18,889	-35,096		
			Valor promedio anual 2/	7.839	8,240	0.012	0.006	0.088	0.030	0.001	0.001	0.002	0.002	0.021	0.634	0.096		
			Costo económico 3/	-2,187,020	-1,534,663	-857,631	-327,878	-3,440	-5,080	-0,571	-216,602	-1,832	-2,252	-0,177	-11,975	-3,379	-3,746,965	0.5
	Cedimin S.A.C.	UEA Chaquellé	Precio sombra 1/	-282,765	-186,163	-73,031	-57,956	-38,854	-168,474	-554	-364,750	-921	-922	-15	-19,753	-3,687		
			Valor promedio anual 2/	7.974	6,775	0.010	0.005	0.039	0.010	0.001	0.001	0.003	0.002	0.020	0.054	0.006		
			Costo económico 3/	-2,254,896	-1,261,257	-730,312	-289,781	-1,526	-1,684,736	-0,554	-218,850	-2,304	-1,843	-0,293	-1,070	-20,894	-3,521,699	0.4
	Cia. Minera Ares S.A.C.	Ares	Precio sombra 1/	-278,524	-185,587	-72,523	-57,706	-38,879	-167,968	-553	-361,882	-924	-924	-17	-19,619	-33,164		
			Valor promedio anual 2/	8.283	58,579	0.030	0.021	0.023	0.023	0.002	0.001	0.002	0.002	0.026	0.109	0.058		
			Costo económico 3/	-2,306,875	-10,871,411	-2,194	-1,232	-880	-3,919	-0,829	-217,129	-2,079	-2,186	0	-2,143	-1,931	-13,190,808	1.6
		Arcata	Precio sombra 1/	-271,256	-212,927	-68,441	-58,080	-38,734	-170,791	-552	-364,612	-930	-926	-42	-20,162	-7,372		
			Valor promedio anual 2/	8.163	158,915	0.010	0.003	0.035	0.021	0.001	0.001	0.002	0.002	0.023	0.066	0.005		
			Costo económico 3/	-2,214,255	-33,837,253	-684,408	-174,239	-1,350	-3,637	-0,552	-218,767	-2,068	-1,852	-1	-1,338	-33,418	-36,058,951	4.4
Cia Minera Buenaventura S.A.A.	Orcopampa	Precio sombra 1/	-258,909	-187,597	-47,780	-59,077	-39,070	-167,957	-553	-378,374	-938	-838	-84	-19,139	-25,341			
		Valor promedio anual 2/	7.743	7,275	0.019	0.008	0.076	0.009	0.001	0.001	0.002	0.015	0.020	0.089	0.007			
		Costo económico 3/	-2,004,638	-1,364,770	-883,926	-481	-2,950	-1,553,601	-0,618	-227,024	-2,112	-12,401	-1,714	-1,704	-174	-3,377,400	0.4	
Huancavelica	Castrovirreyna Cia. Minera S.A.	San Genaro	Precio sombra 1/	-278,499	-186,469	-73,609	-56,524	-38,876	-173,139	-553	-361,982	-918	-921	-3	-22,058	-3,225		
			Valor promedio anual 2/	8.197	107,990	0.169	0.678	2,450	0.503	0.031	0.001	0.005	0.020	0.049	10,142	0.000		
			Costo económico 3/	-2,282,751	-20,136,904	-12,440	-38,322	-95,264	-87,018	-17	-434,378	-4,463	-18,304	0	-223,704	-0,323	-22,876,878	2.8
	Cia. de Minas Buenaventura S. A. A.	Julcani	Precio sombra 1/	-277,541	-175,119	-72,649	-65,002	-31,234	-169,114	-451	-361,899	-919	-507	-2	-19,688	-3,874		
			Valor promedio anual 2/	8.074	12,202	0.048	3.262	0.082	0.013	0.003	0.001	0.002	0.003	0.023	0.139	0.000		
			Costo económico 3/	-2,240,982	-2,136,850	-3,496	-212,025	-2,560	-2,163,251	-1,150	-217,139	-2,166	-1,637	0	-2,728	-0,387	-4,601,028	0.6
		Recuperada	Precio sombra 1/	-276,965	-186,769	-72,027	-58,114	-38,930	-168,713	-554	-362,055	-921	-922	-7	-19,782	-3,875		
			Valor promedio anual 2/	7.221	13,160	0.010	0.004	0.142	0.061	0.001	0.001	0.002	0.002	0.020	0.085	0.000		
			Costo económico 3/	-1,999,953	-2,457,931	-720,268	-203,397	-5,510	-10,326	-0,712	-217,233	-1,842	-1,999	-0,149	-1,686	-0,388	-4,476,553	0.5
	Cia Minera Caudalosa S. A.	Huachocolpa Uno	Precio sombra 1/	-277,981	-186,529	-71,472	-58,187	-39,929	-169,004	-21,623	-362,217	-820	-923	-1	-19,629	-2,029		
			Valor promedio anual 2/	10.057	84,013	0.036	0.070	17,915	0.029	190,492	0.001	0.002	0.041	0.026	0.252	0.000		
			Costo económico 3/	-2,795,519	-15,670,833	-2,573	-4,082	-715,328	-4,958,736	-4,119,101	-217,330	-1,425	-38	0	-4,949	-0,203	-23,317,601	2.8

Continúa

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIO SOMBRA VALOR CONTAMINACIÓN COSTO ECONÓMICO	COSTO ECONÓMICO												Total		
				Potencial de Hidrógeno (PH)	Sólidos Total Suspendidos (STS)	Plomo (PB)	Cobre (CU)	Zinc (ZN)	Arsénico (AS)	Cadmio (CD)	Mercurio (HG)	Cromo (CR)	Níquel (NI)	Selenio (SE)	Hierro (FE)			Cianuro total (CN)
				US\$ / niveles	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l
Junin	Volcan Cia. Minera S.A.A.	Andaychagua	Precio sombra 1/	-270,596	-189,152	-78,983	-58,561	-38,699	-189,832	-553	-371,271	-921	-916	-57	-19,598	-3,974		
			Valor promedio anual 2/	8.568	12.837	0.011	0.007	0.044	0.155	0.001	0.001	0.002	0.003	0.026	0.065	0.000		
			Costo económico 3/	-2,318,535	-2,428,136	-895,138	-428,462	-1,686	-29,420	-0,711	-222,762	-1,973	-2,811	-1	-1,273	-0,397	-4,780,604	0.6
		Carahuacra	Precio sombra 1/	-268,652	-188,457	-76,832	-57,817	-39,644	-168,165	-551	-364,083	-930	-930	-52	-20,028	-3,897		
			Valor promedio anual 2/	8.349	21.520	0.013	0.007	0.292	0.013	0.002	0.001	0.002	0.006	0.039	0.132	0.000		
			Costo económico 3/	-2,243,062	-4,055,524	-1,018,029	-416,077	-11,575	-2,219,781	-1,370	-218,450	-1,977	-5,436	-2	-2,645	-0,390	-6,316,689	0.8
	San Cristobal/Mahr Túnel	Precio sombra 1/	-278,812	-184,317	-69,019	-65,913	-46,505	-169,461	-548	-361,543	-919	-919	-7	-57,250	-3,870			
		Valor promedio anual 2/	6.195	677.133	0.130	1.950	38.568	0.017	0.043	0.001	0.002	0.055	0.035	25.974	0.000			
		Costo económico 3/	-1,727,263	-124,806,884	-8,993	-128,550	-1,793,594	-2,903,197	-24	-216,926	-1,915	-50	0	-1,487,004	-0,387	-129,955,485	15.7	
	Doe Run Perú SRL	Complejo Metalúrgico La Oroya	Precio sombra 1/	-287,201	-186,156	-75,151	-59,943	-36,728	-185,449	-545	-349,262	-908	-928	-656,594	-19,914	-3,918		
			Valor promedio anual 2/	8.510	7.040	0.026	0.099	1.418	0.223	0.017	0.002	0.002	0.007	431.480	0.050	0.000		
			Costo económico 3/	-2,444,082	-1,310,538	-1,986	-5,941	-52,097	-41,287	-9,373	-579,775	-2,043	-6,370	-283,307,248	-1,005	-0,392	-287,164,783	34.7
La Libertad	Pan American Silver S.A	Quiruvilca	Precio sombra 1/	-278,559	-186,468	-49,979	-57,956	-38,938	-170,953	-557	-362,603	-965	-7,151	-1	-19,680	-45,063		
			Valor promedio anual 2/	7.021	56.170	0.001	0.023	1.089	0.093	0.011	0.003	0.184	10.954	0.003	0.016	0.266		
			Costo económico 3/	-1,955,849	-10,473,899	-29,987	-1,309	-42,400	-15,969	-6,114	-976,006	-178	-78,336	-0,002	-314,882	-11,971	-12,581,238	1.5
	Cia. Minera San Simón S.A.	La Virgen	Precio sombra 1/	-255,656	-186,140	-71,452	-35,858	-38,767	-167,287	-554	-359,680	-14,791	-17,549	-10	-19,685	-4,335		
			Valor promedio anual 2/	5.595	389.333	0.009	0.030	1.352	2.479	0.023	0.053	65.590	208.251	0.389	0.077	0.198		
			Costo económico 3/	-1,430,467	-72,470,406	-666,137	-1,063	-52,417	-414,656	-13	-18,974	-970,131	-3,654,593	-4	-1,516	-858	-79,015,762	9.5
	Cia. Minera Aurífera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	Precio sombra 1/	-278,413	-186,572	-69,555	-68,328	-38,528	-169,280	-555	-362,356	-2,412	-933	-51	-19,669	-87,526		
			Valor promedio anual 2/	5.166	30.889	0.107	0.020	0.223	0.010	0.008	0.002	0.503	0.260	0.098	0.013	0.188		
			Costo económico 3/	-1,438,209	-5,763,000	-7,409	-1,166,561	-8,609	-1,692,805	-4,524	-724,712	-1,214	-243	-5	-248,046	-16,460	-7,238,985	0.9
Lima	Empresa Minera Los Queñuales S.A.	Casapalca	Precio sombra 1/	-266,497	-186,193	-69,905	-57,107	-37,926	-167,754	-554	-353,779	-893	-922	-77	-20,241	-3,787		
			Valor promedio anual 2/	7.749	29.837	0.026	0.056	0.314	0.021	0.002	0.001	0.004	0.004	0.036	0.057	0.000		
			Costo económico 3/	-2,065,011	-5,555,416	-1,840	-3,207	-11,894	-3,444,346	-1,025	-212,268	-3,148	-3,333	-3	-1,158	-0,379	-7,642,192	0.9
	Compañía Minera Casapalca SA	Americana	Precio sombra 1/	-279,850	-187,645	-77,140	-65,807	-34,488	-170,660	-555	-363,348	-874	-923	-45	-19,736	-3,889		
			Valor promedio anual 2/	8.349	11.711	0.021	0.182	1.341	0.012	0.003	0.001	0.009	0.003	0.030	0.084	0.000		
			Costo económico 3/	-2,334,770	-2,197,531	-1,581,380	-11,951	-46,231	-2,072,301	-1,453	-218,009	-7,898	-2,425	-1	-1,658	-0,389	-4,596,027	0.6
	Votorantim Metals - Cajamarquilla S.A	Refinería Cajamarquilla	Precio sombra 1/	-274,571	-185,070	-74,835	-59,624	-110,636	-173,068	-559	-373,762	-937	-947	-244	-18,290	-4,001		
			Valor promedio anual 2/	7.557	16.843	0.005	0.050	6.494	0.021	0.024	0.001	0.003	0.008	0.081	0.147	0.000		
			Costo económico 3/	-2,074,842	-3,117,106	-374,177	-2,978	-718,498	-3,644	-13	-224,257	-2,461	-7,938	-20	-2,686	-0,400	-5,920,396	0.7
Pasco	Chancadora Centaurio S.A.C.	Quicay	Precio sombra 1/	-274,109	-186,897	-71,968	-57,681	-38,789	-168,473	-555	-363,261	-902	-916	-8	-21,417	-3,874		
			Valor promedio anual 2/	7.506	16.119	0.003	0.040	0.062	0.006	0.001	0.000	0.006	0.009	0.010	0.836	0.000		
			Costo económico 3/	-2,057,596	-3,012,535	-194,237	-2,311	-2,405	-976,487	-0,645	-73,840	-5,403	-7,855	-0,079	-17,914	-0,387	-5,094,019	0.6
	Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	Precio sombra 1/	-272,599	-241,998	-63,451	-56,867	-44,267	-167,927	-555	-354,255	-938	-923	-28	-77,631	-3,802		
			Valor promedio anual 2/	7.894	231.733	0.018	0.018	2.734	0.008	0.006	0.000	0.006	0.019	0.010	2.623	0.000		
			Costo económico 3/	-2,151,897	-56,078,910	-1,132,129	-1,018,002	-121,031	-1,337	-3,189	-151,411	-5,620	-17,458	0	-203,630	-0,380	-58,559,132	7.1
	Sociedad Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	Precio sombra 1/	-270,034	-189,531	-121,029	-134,618	-39,286	-169,078	-554	-361,342	-899	-970	-17	-22,613	-3,923		
			Valor promedio anual 2/	10.778	25.877	0.141	1.227	0.295	0.004	0.001	0.000	0.003	0.029	0.012	0.527	0.000		
			Costo económico 3/	-2,910,365	-4,904,563	-17,032	-165,119	-11,593	-615,010	-0,355	-74,340	-2,783	-28	-0,214	-11,907	-0,392	-8,021,300	1.0
	Empresa Administradora Chunger S.A.C.	Animón	Precio sombra 1/	-293,103	-172,012	-66,979	-57,815	-40,196	-150,929	-555	-358,779	-1,091	-874	-37	-39,730	-4,002		
			Valor promedio anual 2/	7.741	62.597	0.006	0.007	0.189	0.049	0.001	0.000	0.032	0.010	0.010	1.020	0.000		
			Costo económico 3/	-2,269,046	-10,767,420	-383,534	-414,687	-7,585	-7,387	-0,343	-72,907	-34,637	-8,493	-0,361	-40,538	-0,400	-13,092,891	1.6
	Pan American Silver S.A.	Huarón	Precio sombra 1/	-282,963	-186,769	-71,914	-41,114	-38,293	-168,195	-551	-362,879	-4,457	-925	-10	-20,900	-3,847		
			Valor promedio anual 2/	8.099	24.667	0.009	0.537	0.877	0.013	0.003	0.000	0.506	0.040	0.010	1.047	0.000		
			Costo económico 3/	-2,291,805	-4,606,975	-616,048	-22,091	-33,569	-2,191,213	-1,533	-72,213	-2,256	-37	-0,094	-21,883	-0,385	-6,981,498	0.8
TOTAL				-69,383,424	-459,128,284	-74,865	-615,714	-4,248,338	-655,737	-4,119,227	-25,711	-973,973	-3,733,477	-283,307,297	-2,203,560	-39,053	-828,506,662	100.0
Media				-14,823	-161,793	-69	-657	-6,411	-276	-13,265	-5	-4,630	-14,691	-30,424	-3,151	-88	-71,804,683	
Dev. Std				3,465	285,540	91	1,401	15,497	914	70,116	19	24,131	76,619	158,755	10,025	136	189,886,112	
Max				-844	-7,106	0	-1	-44	-1	0	0	0	0	-5	-6	0	-148,829	
Min				-20,993	-1,318,900	-329	-6,353	-75,122	-4,828	-371,036	-103	-127,755	-405,626	-840,425	-50,592	-517	-897,363,504	

1/ Miligramos por litro

2/ Los precios sombra están expresados en US\$ / mg/l

3/ El costo económico está expresado en US\$

## Anexo 10. Costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología no paramétrica para el año 2009 (En US\$)

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIO SOMBRA VALOR CONTAMINACIÓN COSTO ECONÓMICO	COSTO ECONÓMICO													Total			
				Potencial de Hidrógeno (PH)	Sólidos Total Suspendidos (STS)	Plomo (PB)	Cobre (CU)	Zinc (ZN)	Arsénico (AS)	Cadmio (CD)	Mercurio (HG)	Cromo (CR)	Níquel (NI)	Selenio (SE)	Hierro (FE)	Cianuro total (CN)				
				US\$ / niveles	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	%		
Ancash	Compañia Minera Santa Luisa S.A.	El Recuendo	Precio sombra 1/	-218,530	-107,184	-83,258	-239	-1,363	-51,223	0	-3,710	-24,395	-17,463	-13,275	-2,615	-34,555	-4,560,539	1.0		
			Valor promedio anual 2/	7,888	26,481	0.013	0.011	0.479	0.003	0.003	0.000	0.002	0.042	0.015						
			Costo económico 3/	-1,719,433	-2,838,322	-1,093,972	-2,707	-4,653	-132,640	-0.001	-0.371	-159,920	-79,250	-20,024	-109,992					
		Santa Luisa (Huanzala)	Precio sombra 1/	-213,546	-105,569	-86,489	-234	-1,355	-51,852	-3	-3,642	-23,992	-15,964	-13,129	-2,985	-30,685				
			Valor promedio anual 2/	7,641	22,989	0.011	0.003	0.368	0.011	0.004	0.001	0.015	0.001	0.897	0.045					
			Costo económico 3/	-1,631,650	-2,426,913	-990,985	-0,760	-499	-587,484	-0.011	-0,364	-22,279	-243,219	-16,942	-2,678,012	-1,391,535				
	Minera Huallanca S.A.	Berlin	Precio sombra 1/	-217,854	-107,294	-83,739	-241	-1,351	-51,104	-2	-3,698	-23,925	-17,260	-13,287	-3,090	-34,872	-8,678,762	2.0		
			Valor promedio anual 2/	6,833	66,559	0.033	0.444	4,885	0.165	0.109	0.000	0.001	0.020	0.001	9,833	0.004				
			Costo económico 3/	-1,488,559	-714,1434	-2,754	-107	-6,598	-8,416	0	-0,370	-11,962	-347,331	-8,267	-303,79	-147,499				
		Pucarrajo	Precio sombra 1/	-217,486	-107,318	-83,626	-237	-1,342	-51,325	0	-3,699	-23,860	-17,227	-13,296	-2,547	-34,884				
			Valor promedio anual 2/	7,041	11,961	0.006	0.007	2,441	0.017	0.007	0.000	0.001	0.010	0.964	0.004					
			Costo económico 3/	-1,531,281	-1,283,595	-532,745	-1,565	-3,277	-848,304	-0.003	-0,370	-24,832	-178,388	-8,052	-2,456	-152,715				
	Compañia Minera Antamina S.A.	Contonga	Precio sombra 1/	-218,476	-107,061	-83,129	-223	-1,319	-51,216	-2	-3,704	-23,966	-17,568	-13,287	-2,624	-35,862	-4,909,650	1.1		
			Valor promedio anual 2/	7,793	29,778	0.037	0.242	6,199	0.003	0.034	0.000	0.001	0.011	0.003	0.061	0.198				
			Costo económico 3/	-1,702,600	-3,198,112	-3,064	-54	-8,175	-138,949	0	-0,370	-26,102	-196,171	-33,706	-161	-7,089				
		Antamina	Precio sombra 1/	-861,042	-86,042	-153,106	-524	-1,125	-82,281	-3	-7,978	-163,006	-210,445	-75,810	-3,362	-95,725				
			Valor promedio anual 2/	7,712	5,646	0.004	0.003	0.029	0.007	0.001	0.000	0.002	0.006	0.002	0.015	0.004				
			Costo económico 3/	-6,640,033	-497,068	-640,153	-1,408	-33	-566,331	-0.022	-0,798	-257,414	-1,244,699	-124,763	-50,029	-398,799				
Arequipa	Minera Bateas S.A.C.	San Cristobal	Precio sombra 1/	-224,203	-108,048	-85,876	-237	-1,366	-50,243	-1	-3,985	-23,749	-17,409	-13,086	-2,720	-34,748	-3,009,701	0.7		
			Valor promedio anual 2/	8,130	10,947	0.030	0.002	0.065	0.017	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.130	0.005				
			Costo económico 3/	-1,822,685	-1,182,831	-2,609	-0,489	-88	-854,917	-0.001	-2,578	-22,122	-55,176	-20,068	-353	-179,153				
		Cedimin S.A.C.	Precio sombra 1/	-217,611	-107,040	-83,794	-237	-1,369	-51,244	-1	-3,801	-23,587	-18,249	-13,203	-2,605	-34,577				
			Valor promedio anual 2/	7,533	6,982	0.004	0.003	0.034	0.002	0.002	0.000	0.001	0.008	0.001	0.111	0.005				
			Costo económico 3/	-1,639,339	-747,371	-364,505	-0,708	-46,650	-109,320	-0,001	-1,235	-21,551	-155,047	-6,649	-290	-167,599				
	Cia. Minera Ares S.A.C.	Ares	Precio sombra 1/	-221,034	-109,177	-82,401	-217	-1,361	-53,788	-1	-4,255	-23,745	-16,502	-14,170	-2,909	-78,920	-3,826,679	0.9		
			Valor promedio anual 2/	6,909	20,943	0.003	0.023	0.037	0.019	0.001	0.001	0.001	0.006	0.003	0.135	0.144				
			Costo económico 3/	-1,527,017	-2,286,453	-228,389	-5	-50	-1,013,505	0,000	-3,168	-13,455	-106,832	-45,638	-392	-11,351				
		Arcata	Precio sombra 1/	-220,268	-108,077	-82,174	-238	-1,369	-50,128	-1	-3,689	-23,874	-17,851	-13,253	-2,710	-35,434				
			Valor promedio anual 2/	8,228	5,325	0.007	0.001	0.013	0.022	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.050	0.003				
			Costo económico 3/	-1,812,396	-575,512	-538,395	-0,152	-17	-1,116	-0,001	-0,369	-24,803	-37,365	-5,301	-136	-102,929				
Cajamarca	Cia Minera Buenaventura S.A.A.	Orcopampa	Precio sombra 1/	-239,596	-102,584	-77,196	-226	-1,346	-51,111	-3	-3,727	-20,959	-53,032	-12,641	-1,930	-35,062	-2,389,886	0.5		
			Valor promedio anual 2/	8,039	9,858	0.006	0.004	0.050	0.004	0.001	0.000	0.001	0.022	0.001	0.128	0.004				
			Costo económico 3/	-1,926,060	-1,011,222	-487,717	-0,980	-67	-181,916	-0.003	-0,373	-21,256	-1,184	-17,327	-247	-134				
	Minera Yanacocha S.R.L.	Chauptiloma Sur	Precio sombra 1/	-244,870	-108,123	-148,848	-2,428	-1,451	-674,436	-15	-7,216	-101,279	-18,704	-146,092	-2,822	-37,478			-2,862,215	0.7
			Valor promedio anual 2/	7,451	5,889	0.041	0.127	0.154	0.0575	0.004	0.001	0.010	0.005	0.032	0.032	0.017				
			Costo económico 3/	-1,824,439	-636,722	-6,167	-308	-223	-387,801	-0.054	-6,652	-1,012,787	-100,207	-4,722	-90	-623,030				
Huancavelica	Cia Minera Caudalosa S. A.	Huachocolpa Uno	Precio sombra 1/	-217,909	-107,247	-83,497	-239	-1,695	-50,682	-17	-3,695	-23,138	-16,411	-13,912	-2,631	-34,694	-3,610,643	0.8		
			Valor promedio anual 2/	7,676	17,852	0.002	0.029	11,431	0.026	0.104	0.001	0.029	0.040	0.010	0.252	0.015				
			Costo económico 3/	-1,672,574	-1,914,561	-177,769	-7	-19,371	-1,297	-2	-3,173	-673	-655	-136,321	-663	-522,965				
		Recuperada	Precio sombra 1/	-217,396	-107,388	-83,561	-237	-1,372	-51,583	0	-3,704	-23,682	-17,430	-12,912	-2,630	-34,852				
			Valor promedio anual 2/	7,345	10,259	0.001	0.004	0.240	0.034	0.001	0.000	0.011	0.008	0.010	0.127	0.002				
			Costo económico 3/	-1,596,866	-1,101,722	-99,993	-0,870	-329	-1,768	0,000	-0,381	-259,018	-131,691	-126,520	-334	-81,291				
	Cia. de Minas Buenaventura S. A. A.	Julcani	Precio sombra 1/	-215,729	-107,200	-83,461	-233	-1,369	-51,255	-3	-3,674	-23,043	-16,358	-14,188	-2,541	-34,975	-2,701,720	0.6		
			Valor promedio anual 2/	8,088	7,389	0.002	0.008	0.073	0.001	0.002	0.000	0.005	0.021	0.010	0.128	0.002				
			Costo económico 3/	-1,744,845	-792,090	-128,221	-1,840	-100	-61,654	-0,001	-0,364	-116,901	-376,669	-139,026	-325	-77,692				
		Castrovirreyna Cia. Minera S.A.	Precio sombra 1/	-216,347	-106,814	-83,513	-231	-1,341	-51,200	-4	-3,683	-23,635	-18,116	-12,697	-2,594	-34,847				
			Valor promedio anual 2/	7,905	44,858	0.012	0.098	4,335	0.001	0.027	0.000	0.003	0.025	0.010	0.220	0.004				
			Costo económico 3/	-1,710,204	-4,791,486	-1,008,468	-23	-5,811	-63,380	0	-0,365	-70,881	-459	-124,415	-570	-126,455				
Junin	Andaychagua		Precio sombra 1/	-217,302	-108,113	-84,568	-224	-1,378	-52,498	0	-3,769	-22,488	-15,322	-10,602	-2,742	-31,982	-3,326,488	0.8		
			Valor promedio anual 2/	8,286	14,056	0.003	0.006	0.060	0.093	0.000	0.000	0.003	0.006	0.010	0.172	0.012				
			Costo económico 3/	-1,800,506	-1,519,594	-277,163	-1,369	-82	-4,908	0,000	-0,632	-89,524	-93,633	-103,892	-472	-379				
		Volcan Cia. Minera S.A.A.	Precio sombra 1/	-220,652	-99,254	-78,537	-4,441	-3,923	-50,615	-21	-670	-23,613	-17,708	-11,477	-57,098	-35,139				
			Valor promedio anual 2/	6,477	100,130	0.034	1,790	16,035	0.010	0.039	0.000	0.003	0.020	0.010	19,878	0.009				
			Costo económico 3/	-1,429,132	-9,938,229	-2,650	-7,951	-62,901	-526,767	-1	-0,435	-70,816	-346,624	-112,464	-1,134,991	-301,924				
	Carahuacra		Precio sombra 1/	-218,598	-104,789	-85,518	-264	-1,589	-51,169	-1	-3,706	-23,718	-16,760	-13,245	-4,615	-34,882	-55,655,312	12.7		
			Valor promedio anual 2/	7,106	515,272	0.084	0.415	25,322	0.006	0.019	0.000	0.003	0.058	0.010	12,531	0.007				
			Costo económico 3/	-1,553,449	-53,994,761	-7,207	-109	-40,225	-325,320	-0,024	-0,422	-71,131	-969	-129,787	-57,835	-230,395				



REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIO SOMBRA VALOR CONTAMINACIÓN COSTO ECONÓMICO	COSTO ECONÓMICO													Total	
				Potencial de Hidrógeno (PH)	Sólidos Total Suspendidos (STS)	Plomo (PB)	Cobre (CU)	Zinc (ZN)	Arsénico (AS)	Cadmio (CD)	Mercurio (HG)	Cromo (CR)	Níquel (NI)	Selenio (SE)	Hierro (FE)	Cianuro total (CN)		
				US\$ / niveles	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	%
La Libertad	Pan American Silver S.A	Quiruvilca	Precio sombra 1/	-217,903	-107,290	-82,020	-256	-1,397	-51,999	-4	-3,723	-23,120	-16,692	-11,951	-2,466	-37,190	-21,267,532	4.8
			Valor promedio anual 2/	6.789	184.303	0.030	0.088	1.945	0.045	0.027	0.001	0.010	0.010	0.023	1.462	0.062		
			Costo económico 3/	-1,479,417	-19,774,006	-2,461	-22	-2,717	-2,330	0	-1,862	-231,204	-161,353	-277	-3,604	-2,303		
	Cia. Minera San Simón S.A.	La Virgen	Precio sombra 1/	-217,440	-104,901	-84,061	-2,791	-1,367	-49,437	-3	-3,636	-20,908	-17,777	-13,374	-4,075	-34,907	-14,644,556	3.3
			Valor promedio anual 2/	7.035	124.543	0.010	4.237	0.083	0.245	0.018	0.001	0.030	0.148	0.002	5.342	0.006		
			Costo económico 3/	-1,529,690	-13,064,708	-840,605	-11,825	-113	-12,112	-0,045	-1,818	-27,631	-26,747	-21,770	-209,439			
	Cia. Minera Aurifera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	Precio sombra 1/	-218,577	-105,332	-81,245	-749	-1,366	-50,719	-2	-19,932	-26,542	-29,265	-10,660	-1,965	-32,742	-9,925,855	2.3
			Valor promedio anual 2/	5.768	82.091	0.043	0.746	0.300	0.028	0.008	0.049	0.010	0.160	0.023	1.691	0.092		
			Costo económico 3/	-1,260,663	-8,646,824	-3,505	-559	-410	-1,395	-0,014	-968	-265,419	-4,681	-240	-3,322	-3,024		
	Consorcio Minero Horizonte S.A.	Acumulación Parcoy	Precio sombra 1/	-223,011	-107,307	-82,414	-235	-1,369	-35,125	-2	-3,848	-16,594	-16,312	-14,317	-2,785	-36,545	-2,756,817	0.6
			Valor promedio anual 2/	8.283	8.393	0.018	0.005	0.020	0.183	0.003	0.001	0.010	0.004	0.010	0.096	0.012		
			Costo económico 3/	-1,847,194	-900,641	-1,442,240	-1,176	-26,795	-6,420	-0,006	-1,924	-165,938	-66,457	-138,395	-267	-451,937		
Cia. Aurifera Real Aventura	Culebrillas	Precio sombra 1/	-217,716	-107,416	-83,037	-237	-1,377	-51,197	0	-3,684	-23,834	-17,222	-13,274	-2,622	-34,910	-3,743,749	0.9	
		Valor promedio anual 2/	7.677	19.222	0.040	0.012	0.934	0.041	0.008	0.001	0.010	0.004	0.002	0.097	0.005			
		Costo económico 3/	-1,671,457	-2,064,780	-3,342	-2,752	-1,286	-2,120	-0,002	-1,842	-238,337	-65,881	-26,548	-253	-174,551			
Cia. Minera Poderosa S.A.	Unidad La Libertad (Pataz)	Precio sombra 1/	-217,959	-107,387	-83,474	-237	-1,369	-51,297	0	-5,726	-23,818	-17,284	-13,296	-2,630	-34,882	-4,820,193	1.1	
		Valor promedio anual 2/	8.037	28.352	0.032	0.005	0.293	0.353	0.004	0.296	0.010	0.002	0.026	0.048	0.006			
		Costo económico 3/	-1,751,701	-3,044,611	-2,701	-1,185	-401	-18,125	0.000	-1,692	-238,182	-34,569	-343	-126	-218,012			
	Unidad Trujillo (Vijus)	Precio sombra 1/	-216,707	-107,727	-82,879	-237	-1,374	-51,334	-1	-7,205	-23,061	-17,387	-11,808	-2,611	-32,363	-8,308,405	1.9	
		Valor promedio anual 2/	7.508	61.844	0.019	0.005	0.233	0.168	0.006	0.028	0.010	0.003	0.027	0.226	0.221			
		Costo económico 3/	-1,626,988	-6,662,340	-1,588,522	-1,183	-320	-8,634	-0,004	-204	-230,607	-50,228	-316	-591	-7,141			
Lima	Volcan Compania Minera SAA	Ticlio	Precio sombra 1/	-215,619	-107,429	-82,261	-234	-1,341	-51,920	-1	-3,585	-23,188	-17,052	-13,797	-2,622	-33,122	-2,177,239	0.5
			Valor promedio anual 2/	7.585	5.000	0.010	0.005	0.582	0.020	0.004	0.001	0.010	0.004	0.020	0.050	0.039		
			Costo económico 3/	-1,635,469	-537,144	-822,612	-1,169	-780	-1,038,394	-0,005	-1,792	-231,884	-68,206	-275,949	-131	-1,275		
	Compañia Minera Casapalca SA	Americana	Precio sombra 1/	-217,962	-106,315	-83,387	-240	-50,959	-51,112	0	-3,708	-23,966	-17,362	-13,915	-2,644	-34,839	-85,756,346	19.6
			Valor promedio anual 2/	7.707	244.500	0.020	0.018	1,139.711	0.020	0.004	0.001	0.010	0.004	0.033	0.055	0.008		
			Costo económico 3/	-1,679,902	-25,993,928	-1,667,747	-4,369	-58,078,648	-1,022,238	-0,001	-1,854	-239,855	-72,921	-452	-145	-261,292		
	Empresa Minera Los Quenuales SA	Casapalca	Precio sombra 1/	-218,628	-107,547	-84,214	-54,884	-9,101	-51,176	0	-3,680	-23,805	-17,548	-12,005	-2,637	-35,470	-13,148,461	3.0
			Valor promedio anual 2/	7.547	11.320	0.025	146.385	246.107	0.029	0.006	0.001	0.010	0.010	0.034	0.057	0.067		
			Costo económico 3/	-1,649,991	-1,217,490	-2,144	-8,034,174	-2,239,838	-1,480	-0,003	-1,840	-238,053	-173,195	-407	-150	-2,374		
	Votorantim Metais- Cajamarquilla SA	Cajamarquilla	Precio sombra 1/	-217,197	-107,686	-83,797	-238	-9,829	-51,740	-115,880	-3,721	-23,108	-17,523	-12,375	-2,584	-35,074	-91,447,035	20.8
			Valor promedio anual 2/	7.343	13.412	0.027	0.008	136.905	0.040	751.254	0.001	0.010	0.011	0.036	0.204	0.029		
			Costo económico 3/	-1,594,911	-1,444,256	-2,235	-2,003	-1,345,621	-2,070	-87,055,517	-1,861	-231,079	-192,758	-445	-528	-1,025		
Pasco	Volcan Compania Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	Precio sombra 1/	-217,449	-95,847	-85,952	-882	-1,800	-49,793	-13	-3,556	-28,480	-17,141	-33,241	-38,532	-40,497	-10,309,357	2.4
			Valor promedio anual 2/	7.341	86.879	0.066	0.256	2.644	0.016	0.018	0.000	0.008	0.009	0.041	9.642	0.033		
			Costo económico 3/	-1,596,239	-8,327,036	-5,703	-225	-4,758	-781,749	-0,225	-1,280	-222,147	-155,632	-1,356	-371,533	-1,345		
	Compañia Minera Chancadora Centaurio S.A.	Quicay	Precio sombra 1/	-217,670	-106,815	-84,941	-236	-1,370	-51,330	0	-3,544	-22,925	-17,148	-11,367	-2,645	-31,687	-3,819,713	0.9
			Valor promedio anual 2/	7.745	19.898	0.039	0.047	0.038	0.020	0.001	0.002	0.010	0.009	0.033	0.102	0.093		
			Costo económico 3/	-1,685,896	-2,125,404	-3,327	-11	-52	-1,026,591	0.000	-7,088	-229,248	-159,484	-379	-270	-2,951		
	Compañia Minera El Brocal S.A.	Colquijirca	Precio sombra 1/	-218,842	-106,217	-80,201	-5,609	-1,575	-51,359	-28	-3,616	-25,177	-30,784	-16,853	-71,694	-32,909	-8,798,257	2.0
			Valor promedio anual 2/	6.888	41.889	0.027	3.536	10.066	0.011	0.083	0.002	0.010	0.106	0.045	38.028	0.025		
			Costo económico 3/	-1,507,338	-4,449,324	-2,161	-19,832	-15,850	-577,433	-2	-6,720	-251,768	-3,276	-758	-2,798,052	-828		
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animon	Precio sombra 1/	-224,635	-106,281	-85,884	-236	-1,383	-52,990	-1	-3,141	-24,988	-17,740	-45,331	-5,441	-34,543	-4,077,907	0.9
			Valor promedio anual 2/	7.863	21.643	0.011	0.006	0.152	0.016	0.001	0.001	0.004	0.006	0.050	1.224	0.005		
			Costo económico 3/	-1,766,338	-2,300,256	-930,414	-1,320	-211	-852,460	-0,001	-3,141	-102,453	-112,356	-2,267	-6,658	-175,900		
Pan American Silver S.A.	Huaron	Precio sombra 1/	-217,792	-106,735	-86,214	-314	-1,319	-52,554	-3	-3,683	-24,463	-19,735	-11,595	-2,667	-35,966	-10,673,931	2.4	
		Valor promedio anual 2/	7.161	80.139	0.068	0.698	2.475	0.317	0.054	0.001	0.013	0.080	0.055	31.795	0.136			
		Costo económico 3/	-1,559,636	-8,553,610	-5,862	-219	-3,265	-16,681	0	-3,683	-313,940	-1,581	-632	-527,250	-4,878			
Compañia Minera Milpo S.A.A.	Milpo N° 1	Precio sombra 1/	-225,211	-107,101	-81,411	-237	-1,344	-50,144	-3	-3,050	-17,516	-17,131	-44,030	-2,693	-34,240	-3,259,674	0.7	
		Valor promedio anual 2/	8.116	13.306	0.015	0.021	0.457	0.013	0.003	0.009	0.005	0.050	0.623	0.004	0.000			
		Costo económico 3/	-1,827,855	-1,425,111	-1,183,469	-5	-614	-647,213	-0,008	-3,050	-155,482	-86,288	-2,202	-1,679	-133,449			
Compañia Minera Atacocha S.A.A.	Atacocha	Precio sombra 1/	-218,045	-107,500	-81,334	-214	-1,355	-49,921	-1	-3,741	-41,342	-17,013	-27,335	-2,609	-36,131	-3,172,589	0.7	
		Valor promedio anual 2/	7.933	13.366	0.014	0.031	0.182	0.019	0.002	0.001	0.034	0.006	0.051	0.123	0.011			
		Costo económico 3/	-1,729,814	-1,436,861	-1,100,831	-7	-247	-936,045	-0,002	-3,741	-1,413	-99,137	-1,384	-321	-403,898			
TOTAL				-66,173,564	-209,836,327	-74,037	-8,075,471	-61,843,704	-488,965	-87,055,523	-2,931	-8,575	-20,626	-17,828	-4,969,181	-53,164	-438,619,894	100.0
Media				-59,364	-20,862,233	-1	-673,699	-43,298,945	-23	-17,714,674	-3	0	-2	-1	-104,081	-6	-82,713,033	
Desv. Std				22,564	68,851,467	2	4,091,037	247,861,931	69	107,754,147	17	0	7	1	348,641	13	283,239,718	
Max				-5,559	-15,281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-24,845	
Min				-79,730	-308,342,502	-8	-24,885,929	-1,508,517,338	-384	-655,442,890	-101	-1	-30	-3	-1,768,929	-57	-1,578,011,781	

## Anexo 11. Costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos calculados a partir de una metodología paramétrica para el año 2009 (En US\$)

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIO SOMBRA VALOR CONTAMINACIÓN COSTO ECONÓMICO	COSTO ECONÓMICO												Total		
				Potencial de Hidrógeno (PH)	Sólidos Total Suspendidos (STS)	Plomo (PB)	Cobre (CU)	Zinc (ZN)	Arsénico (AS)	Cadmio (CD)	Mercurio (HG)	Cromo (CR)	Níquel (NI)	Selenio (SE)	Hierro (FE)			Cianuro total (CN)
				US\$ / niveles	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	%
Ancash	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	El Recuendo	Precio sombra 1/	-244,753	-109,864	-87,838	-311	-1,421	-51,940	0	-4,564	-31,103	-21,069	-17,258	-3,051	-43,781	-4,838,148	1.1
			Valor promedio anual 2/	7,869	26,461	0.013	0.011	0.479	0.003	0.000	0.007	0.005	0.002	0.042	0.015			
			Costo económico 3/	-1,925,765	-2,925,280	-1,154,140	-3,519	-681	-134,497	-0.001	-0,456	-203,898	-26,031	-127,194	-676,421			
		Santa Luisa (Huanzala)	Precio sombra 1/	-233,172	-108,208	-91,246	-304	-1,413	-52,578	-3	-4,479	-30,590	-19,260	-17,067	-3,483	-38,878	-4,322,428	0.9
			Valor promedio anual 2/	7,641	22,989	0.011	0.003	0.368	0.011	0.004	0.000	0.001	0.015	0.001	0.897	0.045		
			Costo económico 3/	-1,827,448	-2,487,586	-1,045,489	-0,989	-520	-595,709	-0.011	-0,448	-28,405	-293,444	-22,024	-3,125,240	-1,763,075		
	Minera Huallanca S.A.	Berlin	Precio sombra 1/	-243,996	-109,977	-88,345	-313	-1,409	-51,820	-2	-3,633	-22,951	-20,824	-12,958	-3,606	-44,182	-9,041,693	2.0
			Valor promedio anual 2/	6,833	66,559	0.033	0.444	4,885	0.165	0.109	0.000	0.001	0.020	0.001	9,833	0.004		
			Costo económico 3/	-1,667,185.82	-7,319,969.69	-2,905,46	-139.20	-6,881.60	-8,533.58	-0.23	-3.36	-11.48	-419.06	-8.06	-35,451.79	-186.88		
		Pucarrajo	Precio sombra 1/	-243,585	-110,001	-88,225	-308	-1,400	-52,044	0	-4,550	-30,421	-20,785	-17,285	-2,972	-44,198	-3,038,879	0.7
			Valor promedio anual 2/	7,041	11,961	0.006	0.007	2,441	0.017	0.007	0.000	0.001	0.010	0.001	0.964	0.004		
			Costo económico 3/	-1,715,035	-1,315,685	-562,046	-2,035	-3,418	-860,180	-0.003	-0,455	-31,660	-215,225	-10,467	-2,867	-193,489		
Compañía Minera Antamina S.A.	Contonga	Precio sombra 1/	-244,693	-109,738	-87,701	-290	-1,375	-49,174	-2	-4,556	-30,557	-21,195	-17,273	-3,062	-45,437	-5,196,173	1.1	
		Valor promedio anual 2/	7,793	29,778	0.037	0.242	6,199	0.003	0.034	0.000	0.001	0.011	0.003	0.081	0.198			
		Costo económico 3/	-1,906,912	-3,267,814	-3,233	-70	-8,526	-133,411	0	-0,456	-33,280	-236,680	-43,818	-188	-8,981			
	Antamina	Precio sombra 1/	-964,367	-90,243	-161,527	-681	-1,173	-83,433	-31	-9,814	-207,833	-253,902	-98,553	-3,324	-121,284	-7,950,174	1.7	
		Valor promedio anual 2/	7,712	5,646	0.004	0.003	0,029	0.007	0.001	0.000	0.002	0.006	0.002	0.015	0.004			
		Costo económico 3/	-7,436,836	-509,495	-675,361	-1,830	-34	-574,259	-0,022	-0,981	-328,203	-1,501,729	-162,192	-58,384	-505,265			
Arequipa	Minera Bateas S.A.C.	San Cristobal	Precio sombra 1/	-251,107	-110,750	-90,599	-308	-1,424	-50,946	-1	-4,901	-30,280	-21,004	-17,012	-3,174	-44,026	-3,258,285	0.7
			Valor promedio anual 2/	8,130	10,947	0.030	0.002	0,065	0.017	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.130	0.005		
			Costo económico 3/	-2,041,407	-1,212,402	-2,753	-0,636	-92	-866,886	-0,001	-3,171	-28,206	-66,570	-26,089	-412	-226,986		
		UEA Chaquell	Precio sombra 1/	-243,725	-109,716	-88,403	-308	-1,428	-51,961	-1	-4,676	-30,073	-22,017	-17,164	-3,040	-43,809	-2,603,436	0.6
			Valor promedio anual 2/	7,533	6,982	0.004	0.003	0,034	0.002	0.002	0.000	0.001	0.008	0.001	0.111	0.005		
			Costo económico 3/	-1,836,060	-766,055	-384,553	-0,921	-48,656	-110,850	-0,001	-1,520	-27,477	-187,064	-8,643	-339	-212,348		
	Cia. Minera Ares S.A.C.	Ares	Precio sombra 1/	-247,558	-111,907	-86,933	-282	-1,420	-54,541	-1	-5,234	-30,274	-19,909	-18,421	-3,394	-99,991	-4,070,249	0.9
			Valor promedio anual 2/	6,909	20,943	0.003	0.023	0,037	0.019	0.001	0.001	0.001	0.006	0.003	0.135	0.144		
			Costo económico 3/	-1,710,259	-2,343,615	-240,951	-7	-52	-1,027,694	0,000	-3,896	-17,156	-128,893	-59,329	-457	-14,382		
		Arcata	Precio sombra 1/	-246,700	-110,779	-86,694	-309	-1,427	-50,829	-1	-4,538	-30,440	-21,537	-17,229	-3,163	-44,895	-2,621,874	0.6
			Valor promedio anual 2/	8,228	5,325	0.007	0.001	0,013	0.022	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.050	0.003		
			Costo económico 3/	-2,029,884	-589,900	-568,006	-0,198	-18	-1,131	-0,001	-0,454	-31,623	-45,069	-6,892	-158	-130,411		
Cajamarca	Cia Minera Buenaventura S.A.A.	Orcopampa	Precio sombra 1/	-268,347	-105,148	-81,442	-294	-1,404	-51,826	-3	-4,584	-26,722	-63,983	-16,433	-2,252	-44,423	-3,196,397	0.7
			Valor promedio anual 2/	8,039	9,858	0.006	0.004	0,050	0.004	0.001	0.000	0.001	0.022	0.001	0.128	0.004		
			Costo económico 3/	-2,157,187	-1,036,503	-514,541	-1,274	-70	-184,463	-0,003	-0,458	-27,102	-1,429	-22,525	-288	-169		
	Minera Yanacocha S.R.L.	Chaulpiloma Sur	Precio sombra 1/	-274,255	-110,826	-157,035	-3,156	-1,514	-683,878	-15	-8,876	-129,130	-22,566	-189,919	-3,294	-47,485	-3,104,834	0.7
			Valor promedio anual 2/	7,451	5,889	0.041	0.127	0,154	0.575	0.004	0.001	0.010	0.005	0.032	0.032	0.017		
			Costo económico 3/	-2,043,372	-652,640	-6,506	-400	-233	-393,230	-0,055	-8,182	-1,291,303	-120,900	-6,139	-105	-789,379		
Huancaavelica	Cia Minera Caudalosa S. A.	Huachocolpa Uno	Precio sombra 1/	-244,058	-109,928	-88,089	-310	-1,768	-51,391	-17	-4,545	-29,501	-19,800	-18,085	-3,070	-43,957	-3,860,691	0.8
			Valor promedio anual 2/	7,676	17,852	0.002	0.029	11,431	0.026	0.104	0.001	0.029	0.040	0.010	0.252	0.015		
			Costo económico 3/	-1,873,283	-1,962,425	-187,546	-9	-20,204	-1,315	-2	-3,903	-858	-790	-177,217	-773	-662,597		
		Recuperada	Precio sombra 1/	-243,483	-110,073	-81,936	-308	-1,431	-52,305	0	-4,556	-30,195	-21,029	-16,785	-3,069	-44,157	-2,921,138	0.6
			Valor promedio anual 2/	7,345	10,259	0.001	0.004	0,240	0.034	0.001	0.000	0.011	0.008	0.010	0.127	0.002		
			Costo económico 3/	-1,788,490	-1,129,265	-98,048	-1,131	-343	-1,793	0,000	-0,468	-330,248	-158,885	-164,476	-390	-102,996		
	Castrovirreyna Cia. Minera S.A.	Julcani	Precio sombra 1/	-241,616	-109,880	-88,051	-303	-1,428	-51,973	0	-4,519	-29,380	-22,148	-18,444	-2,965	-44,313	-2,767,686	0.6
			Valor promedio anual 2/	8,088	7,389	0.002	0.008	0,073	0.001	0.002	0.000	0.005	0.021	0.010	0.128	0.002		
			Costo económico 3/	-1,954,226	-811,893	-135,273	-2,392	-104	-62,517	-0,001	-0,447	-149,049	-454,452	-180,733	-379	-98,436		
		San Genaro	Precio sombra 1/	-242,309	-109,485	-88,106	-300	-1,398	-51,917	-5	-4,530	-30,134	-21,857	-16,506	-3,027	-44,151	-6,835,552	1.5
			Valor promedio anual 2/	7,905	44,858	0.012	0.098	4,335	0.001	0.027	0.000	0.003	0.025	0.010	0.220	0.004		
			Costo económico 3/	-1,915,428	-4,911,273	-1,063,934	-29	-6,061	-64,268	0	-0,449	-90,373	-554	-161,740	-665	-160,218		
Junin	Volcan Cia. Minera S.A.A.	Andaychagua	Precio sombra 1/	-243,378	-110,816	-89,219	-291	-1,437	-53,233	0	-4,636	-28,672	-18,486	-13,783	-3,200	-40,521	-3,580,876	0.8
			Valor promedio anual 2/	8,286	14,056	0.003	0.006	0,060	0.093	0.000	0.000	0.003	0.006	0.010	0.172	0.012		
			Costo económico 3/	-2,016,567	-1,557,584	-292,407	-1,779	-86	-4,976	0,000	-0,777	-88,643	-112,968	-135,060	-551	-480		
		San Cristobal/Mahr Túnel	Precio sombra 1/	-247,130	-101,735	-82,857	-5,773	-4,091	-51,323	-21	-4,551	-30,107	-21,365	-14,920	-66,634	-44,522	-13,192,157	2.9
			Valor promedio anual 2/	6,477	100,130	0.034	1,790	16,035	0.010	0.039	0.000	0.003	0.020	0.010	19,878	0.009		
			Costo económico 3/	-2,040,827	-1,600,685	-2,785	-10,336	-65,606	-59,212	-0,001	-0,458	-284,142	-21,218	-146,202	-382,534	-146,202		
Garahuacra	Precio sombra 1/	-244,830	-107,405	-90,222	-3,131	-1,657	-51,886	-1	-4,558	-30,241	-20,221	-17,216	-3,586	-44,196	-57,203,737	12.5		
	Valor promedio anual 2/	7,106	515,272	0.084	0.415	25,322	0.006	0.019	0.000	0.003	0.058	0.010	12,531	0.007				
	Costo económico 3/	-1,739,862	-55,344,630	-7,603	-142	-41,954	-339,875	-0,074	-0,519	-90,691	-1,169	-168,723	-67,494	-291,898				

REGIONES EMPRESAS MINERAS UNIDADES PRODUCTIVAS			PRECIO SOMBRA VALOR CONTAMINACIÓN COSTO ECONÓMICO	COSTO ECONÓMICO													Total	
				Potencial de Hidrógeno (PH)	Sólidos Total Suspendidos (STS)	Plomo (PB)	Cobre (CU)	Zinc (ZN)	Arsénico (AS)	Cadmio (CD)	Mercurio (HG)	Cromo (CR)	Niquel (NI)	Selenio (SE)	Hierro (FE)	Cianuro total (CN)		
				US\$ / niveles	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l	US\$ / mg/l
La Libertad	Pan American Silver S.A	Quiruvilca	Precio sombra 1/	-244.052	-109.973	-86.531	-333	-1.457	-52.727	-4	-4.579	-29.479	-20.139	-15.537	-2.878	-47.119	-21.941.101	4.8
			Valor promedio anual 2/	6.789	184.303	0.030	0.088	1.945	0.045	0.027	0.001	0.010	0.010	0.023	1.462	0.062		
			Costo económico 3/	-1.656.947	-20.268.356	-2.596	-29	-2.834	-2.363	0	-2.290	-294.785	-194.672	-360	-4.206	-2.918		
	Cla. Minera San Simón S.A.	La Virgen	Precio sombra 1/	-243.533	-107.524	-88.684	-3.628	-1.426	-50.129	-3	-4.472	-26.658	-21.448	-17.386	-4.756	-44.227	-15.162.920	3.3
			Valor promedio anual 2/	7.035	124.543	0.010	4.237	0.083	0.245	0.018	0.001	0.030	0.148	0.002	5.342	0.006		
			Costo económico 3/	-1.713.253	-13.391.326	-886.838	-15.373	-118	-12.282	-0.046	-2.236	-800	-3.174	-34.771	-25.406	-265.359		
	Cla. Minera Aurifera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa	Precio sombra 1/	-244.806	-107.966	-85.713	-973	-1.424	-51.429	-2	-24.517	-33.841	-35.308	-13.858	-2.293	-41.484	-10.296.399	2.2
			Valor promedio anual 2/	5.768	82.091	0.043	0.746	0.300	0.028	0.008	0.049	0.010	0.160	0.023	1.691	0.092		
			Costo económico 3/	-1.411.942	-8.862.995	-3.698	-726	-427	-1.414	-0.014	-1.191	-338.410	-5.647	-312	-3.877	-3.831		
	Consorcio Minero Horizonte S.A.	Acumulación Parcoy	Precio sombra 1/	-249.773	-109.989	-86.946	-306	-1.428	-35.617	-2	-4.733	-21.157	-19.681	-18.612	-3.250	-46.302	-3.001.433	0.7
			Valor promedio anual 2/	8.283	8.393	0.018	0.005	0.020	0.183	0.003	0.001	0.010	0.004	0.010	0.096	0.012		
			Costo económico 3/	-2.068.857	-923.157	-1.521.564	-1.529	-27.948	-6.510	-0.006	-2.366	-211.571	-80.180	-179.913	-312	-572.604		
	Cla. Aurifera Real Aventura	Culebrillas	Precio sombra 1/	-243.842	-110.102	-87.604	-308	-1.437	-51.914	0	-4.532	-30.388	-20.778	-17.256	-3.060	-44.231	-3.996.389	0.9
			Valor promedio anual 2/	7.677	19.222	0.040	0.012	0.934	0.041	0.008	0.001	0.010	0.004	0.002	0.097	0.005		
			Costo económico 3/	-1.872.031	-2.116.400	-3.526	-3.577	-1.342	-2.149	-0.003	-2.266	-303.879	-79.486	-34.512	-296	-221.156		
	Cla. Minera Poderosa S.A.	Unidad La Libertad (Pataz)	Precio sombra 1/	-213.861	-104.192	-88.065	-233	-1.329	-52.015	0	-7.044	-30.368	-16.456	-17.284	-3.069	-34.856	-4.697.651	1.0
			Valor promedio anual 2/	8.037	28.352	0.032	0.005	0.293	0.353	0.004	0.296	0.010	0.002	0.026	0.048	0.006		
			Costo económico 3/	-1.718.769	-2.954.033	-2.850	-1.164	-389	-18.379	0.000	-2.081	-303.682	-32.912	-447	-147	-217.852		
S.A.	Unidad Trujillo (Vijus)	Precio sombra 1/	-242.712	-110.421	-87.438	-308	-1.434	-52.053	-1	-8.862	-29.402	-20.977	-15.351	-3.047	-41.004	-8.672.645	1.9	
		Valor promedio anual 2/	7.508	61.844	0.019	0.005	0.233	0.168	0.006	0.028	0.010	0.003	0.027	0.226	0.221			
		Costo económico 3/	-1.822.227	-6.828.899	-1.675.891	-1.538	-334	-8.755	-0.004	-251	-294.023	-60.600	-411	-690	-9.047			
Lima	Volcan Compañía Minera SAA	Ticlio	Precio sombra 1/	-241.493	-110.115	-86.786	-304	-1.398	-52.647	-1	-4.409	-29.565	-20.573	-17.937	-3.060	-41.965	-2.387.540	0.5
			Valor promedio anual 2/	7.585	5.000	0.010	0.005	0.682	0.020	0.004	0.001	0.010	0.004	0.020	0.004	0.039		
			Costo económico 3/	-1.831.725	-550.573	-867.856	-1.519	-813	-1.052.931	-0.005	-2.205	-295.652	-82.291	-358.734	-153	-1.616		
	Compañía Minera Casapalca SA	Americana	Precio sombra 1/	-244.118	-108.972	-87.974	-312	-53.150	-51.827	0	-4.561	-30.582	-20.947	-18.089	-3.085	-44.141	-89.105.582	19.4
			Valor promedio anual 2/	7.707	244.500	0.020	0.018	1.139.711	0.020	0.004	0.001	0.010	0.004	0.033	0.055	0.008		
			Costo económico 3/	-1.881.491	-26.643.776	-1.759.473	-5.680	-60.576.030	-1.036.549	-0.001	-2.280	-305.815	-87.979	-588	-169	-331.057		
	Empresa Minera Los Queñuales SA	Casapalca	Precio sombra 1/	-244.863	-110.236	-88.846	-71.349	-4.492	-51.892	0	-4.526	-30.352	-21.171	-15.606	-3.077	-44.941	-15.884.483	3.5
			Valor promedio anual 2/	7.547	11.320	0.025	146.385	246.107	0.029	0.006	0.001	0.010	0.010	0.034	0.057	0.067		
			Costo económico 3/	-1.847.989	-1.247.927	-2.262	-10.444.426	-2.336.151	-1.501	-0.003	-2.263	-303.517	-208.960	-529	-175	-3.008		
	Votorantim Metais- Cajamarquilla SA	Cajamarquilla	Precio sombra 1/	-243.260	-110.378	-88.406	-310	-10.252	-52.464	-118.198	-4.577	-29.463	-21.142	-16.087	-3.016	-44.439	-93.474.254	20.4
			Valor promedio anual 2/	7.343	13.412	0.027	0.008	136.905	0.040	751.254	0.001	0.010	0.011	0.036	0.204	0.029		
			Costo económico 3/	-1.786.300	-1.490.362	-2.359	-2.604	-1.403.483	-2.099	-88.795.627	-2.398	-294.626	-232.562	-579	-616	-1.299		
Volcan Compañía Minera S.A.A.	Cerro de Pasco	Precio sombra 1/	-243.543	-98.243	-80.680	-1.146	-1.877	-50.490	-13	-4.374	-36.313	-20.681	-43.213	-44.967	-51.309	-4.076.403	0.9	
		Valor promedio anual 2/	7.341	86.879	0.066	0.256	2.644	0.016	0.018	0.000	0.008	0.009	0.041	9.642	0.033			
		Costo económico 3/	-1.787.787	-8.535.211	-6.017	-293	-4.963	-792.693	-0.230	-1.575	-283.238	-187.769	-1.763	-433.579	-1.704			
Pasco	Compañía Minera Chancadora Centaurus S.A.	Quicay	Precio sombra 1/	-243.790	-109.485	-89.612	-307	-1.429	-52.048	0	-4.359	-29.229	-20.689	-14.777	-3.087	-40.147	-4.076.403	0.9
			Valor promedio anual 2/	7.745	19.898	0.039	0.047	0.038	0.020	0.001	0.002	0.010	0.009	0.033	0.102	0.093		
			Costo económico 3/	-1.888.204	-2.178.539	-3.510	-14	-55	-1.040.963	0.000	-8.718	-292.291	-192.418	-493	-315	-3.739		
	Compañía Minera El Brocal S.A.	Coiquirca	Precio sombra 1/	-245.103	-108.872	-84.612	-7.291	-1.642	-52.078	-28	-4.448	-32.100	-37.140	-21.909	-83.667	-41.696	-9.565.599	2.1
			Valor promedio anual 2/	6.888	41.889	0.027	3.536	10.066	0.011	0.083	0.002	0.010	0.106	0.045	39.028	0.025		
			Costo económico 3/	-1.688.219	-4.560.557	-2.279	-25.781	-16.532	-585.517	-2	-8.266	-321.005	-3.952	-886	-3.265.326	-1.049		
	Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Animon	Precio sombra 1/	-251.591	-108.938	-90.608	-307	-1.443	-53.732	-1	-3.863	-31.860	-21.404	-58.930	-6.350	-43.766	-11.165.646	2.4
			Valor promedio anual 2/	7.863	21.643	0.011	0.006	0.152	0.016	0.001	0.001	0.004	0.005	0.050	1.224	0.005		
			Costo económico 3/	-1.978.298	-2.357.763	-981.587	-1.716	-220	-864.395	-0.001	-3.863	-130.627	-135.557	-2.947	-7.770	-222.865		
	Pan American Silver S.A.	Huaron	Precio sombra 1/	-243.927	-109.403	-90.956	-409	-1.376	-53.290	-5	-4.531	-31.190	-23.810	-15.074	-18.352	-45.969	-3.515.784	0.8
			Valor promedio anual 2/	7.161	80.139	0.068	0.698	2.475	0.317	0.054	0.001	0.013	0.080	0.055	31.795	0.136		
			Costo económico 3/	-1.746.792	-8.767.450	-6.185	-285	-3.405	-16.915	0	-4.531	-400.273	-1.907	-822	-615.300	-6.180		
	Compañía Minera Milpo S.A.A.	Milpo N° 1	Precio sombra 1/	-252.237	-109.779	-85.888	-308	-1.402	-50.846	-3	-3.752	-22.333	-20.668	-57.239	-3.142	-43.382	-3.417.161	0.7
			Valor promedio anual 2/	8.116	13.306	0.015	0.021	0.457	0.013	0.003	0.001	0.009	0.005	0.050	0.623	0.004		
			Costo económico 3/	-2.047.197	-1.460.739	-1.248.560	-7	-641	-656.274	-0.008	-3.752	-198.240	-104.106	-2.862	-1.959	-169.080		
	Compañía Minera Atacocha S.A.A.	Atacocha	Precio sombra 1/	-244.210	-110.168	-85.807	-278	-1.413	-50.620	-1	-3.891	-32.112	-20.626	-15.074	-3.045	-45.778	-3.515.784	0.8
			Valor promedio anual 2/	7.933	13.366	0.014	0.031	0.182	0.019	0.002	0.001	0.034	0.006	0.051	1.023	0.011		
			Costo económico 3/	-1.937.392	-1.472.782	-1.161.377	-9	-257	-949.150	-0.002	-4.601	-1.801	-119.609	-1.799	-375	-511.739		
TOTAL				-73.871.255	-214.915.543	-78.101	-10.486.112	-64.502.954	-495.803	-88.796.633	-3.605	-16.930	-24.876	-23.173	-5.799.034	-67.300	-459.087.319	100.0
Media				-10.324	-157.673	-35	-6.668	-67.638	-111	-31.464	-19	-12	-36	-28	-5.801	-105	-107.661.118	
Desv. Std				3.818	486.604	31	37.200	295.257	190	191.239	76	13	60	28	13.650	236	375.996.035	
Max				-805	-3.056	-1	-3	-4	-2	0	0	0	-1	0	-49	-3	-24.977	
Min				-12.830	-2.907.124	-130	-226.671	-1.764.795	-890	-1.163.286	-458	-53	-248	-84	-60.433	-1.376	-2.104.015.708	

## Anexo 12. Definición y descripción de las variables explicativas

### A) Variables de Estado

- Origen del Capital.** Aproximado por el origen del capital de la unidad minera de la siguiente manera: Nacional (1) y Extranjera (0).

Origen del Capital	2008		2009	
	Frec.	%	Frec.	%
Nacional	8	28.57	10	27.03
Extranjero	20	71.43	27	72.97
Total	28	100.00	37	100.00

En ambos casos aproximadamente el 30.0% de las empresas fueron de origen nacional en ambos años.

- Altitud.** Aproximada por los metros sobre el nivel del mar en la cual opera la unidad minera. Tanto para el año 2008 como 2009 aproximadamente el 25.0% de las unidades mineras están por debajo de los 3 mil metros mientras que la mitad de las unidades están sobre los 4 mil metros de altura. Para las regresiones Tobit se utilizó la variable altitud como continua, mientras que para el Análisis de Varianza (ANOVA) se categorizó la altura en tres rangos, como sigue: (i) menos de 3 mil, (ii) entre 3 y 4 mil, y (iii) más de 4 mil.
- Región.** Agregada por dominios. Se distinguieron tres agregados de regiones, los cuales fueron codificadas como sigue: (i) Sierra Norte (SN): Ancash, Cajamarca, La Libertad; (ii) Costa Central y Sierra Central (CC y SC): Lima, Junín, Pasco; y (iii) Sierra Sur (SS): Arequipa, Huancavelica.

### B) Variables de Operación

- Tecnología.** Definida en dos categorías de Lixiviación (1) y de Flotación (0). La distribución es como sigue:

Tecnología	2008		2009	
	Frec.	%	Frec.	%
Flotación	20	76.92	24	67.00
Lixiviación	6	23.08	12	33.00
Total	26	100.00	36	100.00

Se observa que el 2008, 3/4 de las unidades son de flotación, mientras que para el 2009 este ratio es de 2/3.

- Método de Explotación.** Agrupada en las categorías de subterránea (0) y de tajo abierto (1).

Tipo de explotación	2008		2009	
	Frec.	%	Frec.	%
Subterránea	20	76.92	29	80.60
Tajo	6	23.08	7	19.40
Total	26	100.00	36	100.00

La distribución de esta variable es similar en ambos años. Para 2008 el 77.0% es del tipo subterránea, mientras que el 2009 es de 80.0%

- 3. Diversificación Productiva.** Aproximada mediante la variedad polimetálica de la unidad minera, la cual es medida por el número de productos que se obtienen del proceso productivo minero que tiene un rango que va desde 1 a 5 productos.

Diversificación de Productos	2008		2009	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	0	0.00	2	5.41
2	6	21.43	10	27.00
3	3	10.71	2	5.41
4	13	46.43	16	43.20
5	6	21.43	7	18.90
Total	28	100.00	37	100.00

- 4. Escala de Producción.** Aproximada por el logaritmo de la producción ( $\ln$ prod), el cual representa un indicador del tamaño de la empresa o un índice de escala de producción.

## Anexo 13. Test de Normalidad y Test de Heteroscedasticidad

### 1. Test de Normalidad

El costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos (costeco) para el año 2009 para el caso no paramétrico tiene la siguiente descripción:

- Un rango de valores que fluctúa aproximadamente entre los US\$ 2 a US\$ 91 millones.
- Tiene promedio de US\$ 11.9 millones.
- El 75.0% de las unidades productivas tiene menos de US\$ 9 millones

Las estadísticas básicas de la variable costeco (percentiles en dólares) son las siguientes:

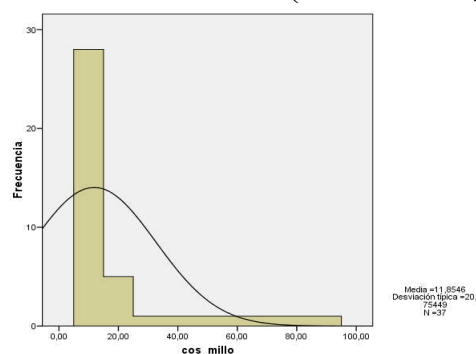
	Percentiles	Smallest		
1%	2177239	2177239		
5%	2387874	2387874		
10%	2538263	2389886	Obs	37
25%	3009702	2538263	Sum of Wgt.	37
50%	4077907		Mean	1.19E+07
		Largest	Std. Dev.	2.08E+07
75%	9925855	2.13E+07		
90%	2.13E+07	5.57E+07	Variance	4.31E+14
95%	8.58E+07	8.58E+07	Skewness	3.082256
99%	9.14E+07	9.14E+07	Kurtosis	11.35086

Usando los valores apropiados para sesgo (S) y kurtosis (K), el test de normalidad de Jarque-Bera, se define como:

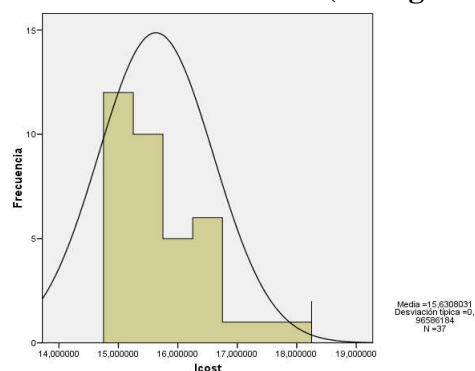
$$JB = \frac{n}{6} \left[ S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right]$$

JB se distribuye como una Chi cuadrado con 2 grados de libertad, con lo que se tiene un valor de Chi de 166.07 (JB=166.07). Así, es posible rechazar la hipótesis de que la distribución de la variable costeco es normal. En ese sentido, es preferible trabajar con el logaritmo de ambas variables (lcost). La aproximación a la normal se aprecia mejor en los gráficos siguientes (8a y 8b):

### Distribución de costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos (En millones \$)



### Distribución del Log. costo económico de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos (En logaritmos)



Para los otros tres casos paramétrico para el 2009, y no paramétrico y paramétrico para el 2008, presentan sesgos similares, por lo que la variable costeco fue corregida de la misma forma, tomando el logaritmo a la variable costeco.

## 2. Test de Heteroscedasticidad

Para el año 2009 para el caso no paramétrico el test de heteroscedasticidad Breusch-Pagan para predicción de la variable logaritmo del costo (lcost), no puede rechazar la hipótesis nula de homoscedasticidad ( $\chi^2 = 0.91$  con  $p = 0.339$ ). El test descriptivo se muestra a continuación.

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity	
Ho: Constant variance	
Variables: fitted values of lcost	
chi2(1)	= 0.91
Prob > chi2	= 0.3396

Similarmente para los otros tres casos paramétrico para el 2009, y no paramétrico y paramétrico para el 2008, las especificaciones tampoco arrojaron problema de heteroscedasticidad. Los tests descriptivos se muestran a continuación.

---

**Paramétrico 2009**

---

**Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity**

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of lcost

chi2(1) = 0.99

Prob > chi2 = 0.3198

---

**No paramétrico 2008**

---

**Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity**

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of lcost

chi2(1) = 3.17

Prob > chi2 = 0.0749

Regresión reespecificada:

**Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity**

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of lcost

chi2(1) = 2.14

Prob > chi2 = 0.1434

---

**Paramétrico 2008**

---

**Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity**

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of lcost

chi2(1) = 3.06

Prob > chi2 = 0.0801

Regresión reespecificada:

**Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity**

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of lcost

chi2(1) = 2.11

Prob > chi2 = 0.1464

---



#### **Anexo 14. Consideraciones técnicas para la determinación de las multas en el sector minero**

- Paso 1: Toma de la muestra y determinación del nivel del parámetro a monitorear establecido en el Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM.
- Paso 2: Disponer de la información estadística del valor de producción por empresa minera (o en todo caso contar con la información de producción física). Además, contar con la información de los insumos productivos empleados (número de trabajadores, insumos productivos, capital, etc.).
- Paso 3: Sobre la base de la información obtenida en el paso 2, se procede a calcular los precios sombra de la contaminación ambiental minera con la metodología empleada en el presente estudio. Tal como se ha señalado, los precios sombra representan el costo marginal de la contaminación ambiental minera, que representa cuanto es el ingreso al cual debería renunciar las empresas mineras por la reducción de un miligramo por litro (mg/l) de emisiones en los recursos hídricos. Los precios sombra se expresan en unidades monetarias.
- Paso 4: Restar los valores de los parámetros monitoreados en el paso 1 de los LMP establecidos en el Decreto Supremo No. 010-2010-MINAM. Esta diferencia corresponde al exceso de emisiones de contaminantes en los recursos hídricos.
- Paso 5: Multiplicar el exceso de emisiones de contaminantes en los recursos hídricos hallado en el paso 4 por el precio sombra hallado en el paso 3 (costo marginal por unidad de contaminación). El monto resultante corresponde a la multa que debe ser establecida por exceder los LMP normativos.

**ÚLTIMAS PUBLICACIONES DE LOS PROFESORES  
DEL DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA**

*Libros*

José Rodríguez y Albert Berry (Eds.)

2010 *Desafíos laborales en América Latina después de dos décadas de reformas estructurales. Bolivia, Paraguay, Perú (1997-2008)*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú e Instituto de Estudios Peruanos.

José Rodríguez y Mario Tello (Eds.)

2010 *Opciones de política económica en el Perú 2011-2015*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Felix Jiménez

2010 *La economía peruana del último medio siglo*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Felix Jiménez (Ed.)

2010 *Teoría económica y Desarrollo Social: Exclusión, Desigualdad y Democracia. Homenaje a Adolfo Figueroa*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

José Rodríguez y Silvana Vargas

2009 *Trabajo infantil en el Perú. Magnitud y perfiles vulnerables. Informe Nacional 2007-2008*. Programa Internacional para la Erradicación del Trabajo Infantil (IPEC). Organización Internacional del Trabajo.

Óscar Dancourt y Félix Jiménez (Ed.)

2009 *Crisis internacional. Impactos y respuestas de política económica en el Perú*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Alfredo Dammert y Raúl García

2009 *Los Jones quieren casa nueva. Cómo entender la nueva crisis económica mundial*. Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Efraín Gonzales de Olarte y Javier Iguñiz Echeverría (Eds.)

2009 *Desarrollo económico y bienestar. Homenaje a Máximo Vega-Centeno*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Félix Jiménez

2008 *Reglas y sostenibilidad de la política fiscal. Lecciones de la experiencia peruana*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Adolfo Figueroa

2008 *Nuestro mundo social. Introducción a la ciencia económica*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

*Serie: Documentos de Trabajo*

- No. 320 "EVALUATION OF WAVELET – BASED CORE INFLATION MEASURES: EVIDENCE FROM PERU". Erick Lahura y Marco Vega, Julio 2011.
- No. 319 "Understanding the functional central limit theorems with some applications to unit root testing with structural change". Juan Carlos Aquino y Gabriel Rodríguez, Julio 2011.
- No. 318 "Brechas de ingresos laborales entre autoempleados y asalariados en el Perú". José S. Rodríguez, Julio 2011.
- No. 317 "Microcrédito y Crecimiento Regional en el Perú". Giovanna Aguilar, Junio 2011.
- No. 316 "Estimation of a Time Varying Natural Interest Rate for Peru". Alberto Humala y Gabriel Rodríguez, Junio 2011.
- No. 315 "A factorial Decomposition of Inflation in Peru, An Alternative Measure of Core Inflation". Alberto Humala y Gabriel Rodríguez, Junio 2011.
- No. 314 "Does the Exchange Rate Pass-Through into Prices Change when Inflation Targeting is Adopted? The Peruvian Case Study between 1994 and 2007". Paul Castillo, Luis R. Maertens Odría y Gabriel Rodríguez, Mayo 2011.
- No. 313 "Tesis de efectos del incremento de la remuneración mínima vital sobre el empleo y los ingresos laborales". Jesús Alejandro Palomino Samaniego, Marzo 2011.
- No. 312 "Crisis financiera, sistema monetario y el desafío de los países emergentes". Jorge Rojas, Febrero, 2011.
- No. 311 "Ciencia, tecnología, cooperación tecnológica, TIC y rentabilidad de las empresas manufactureras bajo un enfoque empresarial: El caso del Perú, 2004-2005". Mario Tello, Febrero, 2011.
- No. 310 "Indicadores del sector MYPE informal en el Perú: Valor agregado, potencial exportador, capacidad de formalizarse y requerimientos de normas técnicas peruanas de sus productos". Mario Tello, Febrero, 2011.
- No. 309 "Determinantes socioeconómicos de las transiciones entre niveles educativos: un enfoque sobre género y ruralidad en el Perú". Denice Caverro, Verónica Montalva y José Rodríguez. Enero, 2011.
- No. 308 "State Density and Capabilities Approach: Conceptual, Methodological and Empirical Issues". Efraín Gonzales de Olarte y Javier M. Iguíñiz Echeverría. Enero, 2011.